

## ALIMENTOS ENRIQUECIDOS COM ÁCIDO LINOLEICO CONJUGADO

*Encontrados principalmente na carne e em produtos lácteos oriundos de ruminantes, o ácido linoleico conjugado, em inglês*



*Conjugated Linoleic Acid, ou CLA, refere-se a uma família composta por alguns isômeros do ácido linoleico.*

## DESCOBERTA E NOMENCLATURA

No final da década de 70, pesquisadores sugeriram que a carne bovina grelhada possuía um componente carcinogênico. Alguns anos depois, esses mesmos pesquisadores observaram a presença de compostos com atividade antimutagênica em extratos de carnes e esses, diferentemente dos fatores mutagênicos, que são formados durante o cozimento, estavam presentes independentemente do processo de cocção.

Em 1985, foi demonstrado cientificamente que esses componentes presentes no extrato de carne bovina eram capazes de inibir a progressão do tumor em células epiteliais de camundongos. Apenas em 1987, utilizando técnicas de espectrofotometria e cromatografia, conseguiu-se isolar e caracterizar esses componentes antimutagênicos desconhecidos da fração lipídica da carne. Descobriu-se, então, a existência de quatro isômeros derivados do ácido linoleico, sendo que cada um deles continha um sistema de dupla ligação conjugada e, portanto, foram nomeados como ácido linoleico conjugado (CLA).

O ácido linoleico conjugado (CLA) é o nome dado ao grupo de isômeros posicionais e geométricos do ácido octadecadienóico. As duplas ligações no CLA são conjugadas e não separadas por um grupo metileno, como no ácido linoleico, um ácido graxo essencial. Os isômeros do CLA ocorrem naturalmente em alimentos derivados de animais ruminantes (vaca, cordeiro, etc.), devido ao processo de biohidrogenação bacteriana do ácido linoleico, que está presente nos alimentos destes animais, no rúmen. O CLA também é encontrado naturalmente em uma variedade de outros produtos alimentícios, não oriundos de animais ruminantes, tais como mariscos, perus e óleos vegetais.

Como já mencionado, a sigla CLA é usada para descrever uma família de isômeros do ácido octadecadienóico, que possui um par de ligações



duplas conjugadas ao longo da cadeia alquila. Teoricamente, as ligações duplas podem existir em qualquer local dos carbonos C2 a C18, para produzir inúmeras estruturas possíveis de isômeros. Foram relatadas formas isoméricas de ácido octadecadienóico contendo ligações duplas conjugadas nas posições 7,9; 8,10; 9,11; 10,12; 11,13; e 12,14 (contando a partir do final carboxila da molécula), em misturas de CLA quimicamente preparadas ou em produtos naturais. Cada um dos referidos isômeros posicionais de dienos conjugados pode ocorrer em uma ou mais das quatro seguintes configurações geométricas: *cis-trans*; *trans-cis*; *cis-cis*; ou *trans-trans*, o que daria 24 possíveis isômeros de CLA. Muitos desses isômeros estão contidos em preparações comercialmente disponíveis de suplementos de CLA, produzidas sob condições alcalinas a partir de óleos vegetais contendo alta concentração de LA (girassol e cártamo).

O isômero mais comum de CLA encontrado na carne de ruminantes e em produtos alimentícios de leite bovino é o ácido octadeca-c9, t11-dienóico. A presença de componentes secundários, como os isômeros t7, c9, t8, c10, t10, c12, t11, c13, e t12, t14 e seus isômeros *cis-cis*, *trans-trans*, também foram encontrados em produtos naturais. Dois nomes triviais foram propostos para o isô-

mero c9,t11, ácido bovínico e ácido rumênico. O nome ácido bovínico foi considerado demasiado restritivo para o CLA, porque o isômero c9,t11 não é produzido somente no rúmen bovino, mas é produzido também por outros animais ruminantes pelo mesmo mecanismo. O nome ácido rumênico recebeu maior aceitação, sendo encontrado repetidas vezes na literatura técnica relativa ao assunto.

A ocorrência natural de CLA na carne de ruminantes e em laticínios pode ser formada por isomerização bacteriana do ácido linoleico e, possivelmente, ácido  $\alpha$ -linolênico de grãos e plantas forrageiras para c9,t11 - 18:2 no rúmen desses animais. O CLA também pode ser formado durante o cozimento e processamento de alimentos. Pesquisadores do *Food Research Institute*, da *University of Wisconsin-Madison*, mediram o teor de CLA em queijos processados e sugeriram que a formação do CLA é proveniente de uma oxidação por radicais livres do ácido linoleico, que pode ter sido afetada pelo envelhecimento, tratamento térmico e/ou qualidade da proteína. Segundo esta hipótese, os radicais alila são produzidos a partir da oxidação do ácido linoleico em lipídios de glicerol, incluindo fosfolipídios, durante o tratamento térmico em condições anaeróbicas. O CLA é derivado após a estabilização dos radicais alila por

# Ácido Linoleico Conjugado

reprotonação das proteínas, atuando como doadores de hidrogênio.

As gorduras e as carnes de animais ruminantes são as mais ricas fontes naturais de isômeros do CLA. Esses isômeros são encontrados em miligramas por grama de gordura nas carnes de cordeiro, vitela e gado. As maiores concentrações de CLA nos alimentos são encontradas em diversos produtos lácteos. Na maioria dos casos, o isômero *cis*-9, *trans*-11, ainda chamado de ácido rumênico, é o isômero predominante do CLA encontrado em alimentos, exceto nos óleos vegetais, os quais podem conter vários outros isômeros. Estimativas de necessidade de ingestão de CLA variam de 0,3 a 1,5g/pessoa/dia, dependendo do sexo e da ingestão de alimentos de origem animal e vegetal.

A presença de CLA em gorduras lácteas é conhecida há anos. A descoberta de que o CLA isolado da carne grelhada inibe o câncer quimicamente induzido chamou a atenção da comunidade científica e, por isso, passou-se a estudar suas propriedades físicas e biológicas. A ampla literatura sobre o CLA sugere que esses ácidos graxos isometricamente conjugados possuem potentes atividades bioquímicas e fisiológicas que podem beneficiar a saúde humana e proteger contra doenças crônicas.

## PROPRIEDADES FUNCIONAIS

O CLA é o único antioxidante e anticarcinogênico associado a alimentos de origem animal. As primeiras pesquisas realizadas com CLA observaram que o ácido linoleico conjugado da carne apresentava efeito protetor contra o câncer quimicamente induzido. Nesse estudo, o CLA isolado a partir de extratos de carne moída grelhada reduziu os tumores de pele, em ratos com carcinogênese quimicamente induzida pelo 9,10-dimetil-1,2-benzantraceno (DMBA), um conhecido agente cancerígeno. Desde então, diversos trabalhos científicos têm sido publicados sobre estas e outras propriedades atribuídas ao CLA, como a redução da gordura corporal acumulada, o aumento da massa magra, a redução dos sintomas de aterosclerose e hipertensão, a melhora do sistema imunológico, a redução da inflamação e o efeito favorecedor da mineralização óssea, assim como sua utilidade na prevenção e tratamento de alergias alimentares. Outros efeitos do CLA são sua ação antioxidante e imunomoduladora.

Alguns pesquisadores relacionam o consumo de CLA na dieta com uma alteração no apetite (fome, saciedade e plenitude), que resulta em uma redução na quantidade de alimentos e conteúdo calórico total ingeridos.

Além disso, segundo pesquisas, a perda da massa de gordura não é consistentemente influenciada por esta modificação, uma vez que em qualquer caso, a diminuição é muito baixa.

Com relação ao efeito do consumo de CLA em Diabetes Mellitus tipo 2, os resultados são muito controversos. Alguns pesquisadores encontraram efeitos positivos na sensibilidade da insulina, enquanto outros demonstraram haver incremento na resistência a mesma.

Intensas pesquisas têm sido realizadas para determinar as propriedades anticarcinogênicas do CLA. Foi observado que os isômeros do CLA reduziram a tumorigênese induzida quimicamente em glândula mamária e no cólon de ratos. Fontes de CLA também inibiram o crescimento das células tumorais humanas em cultura e em imunodeficiência combinada severa (SCID).

## MECANISMOS DE AÇÃO

Os estudos realizados sugerem que o CLA inibe a atividade da lipoproteína lipase, reduzindo a entrada de lipídios no adipócito e, também afetando a diferenciação dos preadipócitos.

O mecanismo de ação do CLA não está claramente definido, podendo ser mediado pela ativação dos receptores PPAR, reguladores da expressão dos genes envolvidos no metabolismo dos lipídios, a sinalização da insulina, a diferenciação adipocídica e a apoptose. Estudos demonstram que o CLA é capaz de estimular os três subtipos de receptores PPAR  $\alpha$ ,  $\beta$ , e  $\delta$ , o que pode explicar os efeitos benéficos demonstrados por este ácido graxo. Estudos também relacionam o CLA com a ação de diversas citocinas, como as interleucinas 1 e 6 e o fator de necrose tumoral alfa.

Diversas pesquisas apresentam evidências de que o consumo de CLA gera a redução dos níveis de triglicerídeos e colesterol e, inclusi-



ve, o aumento dos valores de HDL. Um estudo realizado em cultivo de células primárias observou que o isômero *trans* 10, *cis* 12 do CLA previne a acumulação de triglicerídeos e a diferenciação dos preadipócitos, enquanto que com o isômero *cis* 9, *trans* 11, apresenta aumento dos níveis de triglicerídeos. Em outro estudo, ratos foram suplementados com CLA; observou-se modificação na composição corporal e nos níveis séricos de leptina em ratos recém desmamados.

Os estudos sobre o mecanismo de ação do CLA sobre a doença cardíaca sugerem que sua ação é realizada de forma indireta, através do controle de fatores de risco associados; ou de forma direta, reduzindo o impacto dos fatores pro inflamatórios. Um dos estudos observou que em cultivo de células HepG2 de hepa-

toma humano, o isômero *cis* 9, *trans* 11 demonstrou efeito hipolipidêmico, devido a diminuição da secreção da apolipoproteína B.

Além dos possíveis efeitos no controle dos fatores de risco cardiovascular, pesquisas postularam a ação teórica do CLA sobre a estabilidade e progressão da placa do ateroma. Em estudos realizados com hamsters, observou-se que o isômero *cis* 9, *trans* 11, consumido por 12 semanas, pode reduzir o risco aterogênico, devido a diminuição nos níveis de depósitos de colesterol na aorta e pelas mudanças na expressão de citocinas envolvidas nos processos de formação da placa aterosclerótica.

Existem outras pesquisas nas quais a administração de CLA se relaciona com a regressão e, inclusive, resolução da placa de ateroma, tanto *in vitro* como *in vivo*. Outras pesquisas demonstraram que o isômero *trans* 10, *cis* 12 do CLA previne

o risco aterogênico mediante a inibição da enzima lipoproteína lipase.

São poucos os países que possuem dados de consumo de CLA em sua população. Alguns estudos estimam um consumo médio entre 150 a 200mg/dia; outros estudos relatam a ingestão de CLA de 212mg/dia em homens e de 151mg/dia em mulheres; em ambos os casos, a maior porcentagem corresponde ao ácido rumênico (isômero *cis*-9, *trans*-11).

O conteúdo médio de ácido linoleico em alimentos oscila entre as seguintes quantidades: carne bovina entre 2,9 e 4,3mg/g de gordura; e queijos entre 2,9 e 7,1mg/g de gordura. Os queijos representam o grupo com maior quantidade de CLA por grama de gordura, chegando a ser de até 7,96mg no tipo de queijo azul e de até 5,5mg/g de gordura no leite de vaca. Estes conteúdos de CLA são muito baixos em comparação com os valores relatados para obter efeitos benéficos já descritos na classificação de 2 a 6g/dia.



# Ácido Linoleico Conjugado

## ALIMENTOS ENRIQUECIDOS COM CLA

O CLA é encontrado em vários produtos alimentícios, em maiores proporções nos lácteos e carne bovina e, em quantidades menores, na suína e aves.

As concentrações de CLA em produtos lácteos variam de 2,9 a 8,2mg/g de gordura, sendo que o isômero *cis-9, trans-11* representa entre 73% a 93 % do total de CLA. Estudos encontraram valores 5,2mg de CLA em leites e 4,7mg em queijo cheddar. Segundo pesquisas, os teores de CLA em iogurte variam de 2,8 a 4,8mg/g; e na manteiga, 6,1mg de CLA está presente.

O conteúdo de CLA em leite e derivados e carne bovina é cerca de 4 e 5mg/g de gordura, respectivamente, sendo o isômero *cis-9, trans-11* o responsável por mais de 80% desse conteúdo. Algumas pesquisas sugerem que o conteúdo de CLA presente no leite pode ser significativamente aumentado através da modificação da dieta dos animais.

A existência de uma ampla faixa de variação nos níveis de CLA, em especial no leite, pode ser atribuída a fatores associados aos animais, como espécie, raça, idade e estágio de lactação, bem como a fatores relacionados à dieta, como incorporação de CLA, composição de ácidos graxos, variação sazonal e tipo de alimentação.

Os leites de espécies ruminantes, como bovinos, caprinos, ovinos e bubalinos, são os que apresentam maior concentração de CLA, devido a capacidade desses animais de converter ácidos graxos insaturados em ácido linoleico conjugado.

No leite, o conteúdo de CLA pode ser modificado pela manipulação da alimentação dos animais lactantes. Concentrações maiores de CLA foram observadas no leite de animais alimentados com pasto fresco, em detrimento daqueles alimentados com ração.

Maiores teores de CLA no leite



também podem ser obtidos a partir da suplementação das rações com óleo ou sementes oleaginosas ricas em ácido linoleico e  $\alpha$ -linolênico, como linhaça, girassol, canola e soja ou, ainda, óleo de peixe.

Em relação aos derivados lácteos, a concentração de CLA é determinada pela concentração inicial deste no leite empregado como matéria-prima ou devido ao enriquecimento do produto.

Em relação ao teor de CLA em iogurte, o tipo de leite e a tecnologia de fabricação interferem de forma significativa, sendo que os valores variam na faixa de 0,128g/100g até 1.501g/100g de gordura.

O teor de CLA em queijos pode variar de 0,05 a 2,86g/100g de gordura, onde o tipo de leite, a alimentação e a origem geográfica afetam a concentração destes ácidos graxos. Quanto ao tipo de queijo, o período de maturação interfere nos teores de CLA, sendo maior para aqueles mais maturados, enquanto que o processo tecnológico (cozimento ou não da massa) e o teor de umidade não interferem significativamente.

Diante dos efeitos benéficos atribuídos ao CLA, uma das alternativas para se aumentar o seu teor em leite

e derivados é a utilização de métodos de enriquecimento. O queijo Edam e a manteiga elaborados a partir de leite de vaca enriquecido com CLA, através da suplementação alimentar com óleo de canola, apresentam propriedades sensoriais aceitáveis, boas características de armazenamento e textura mais amolecida. Na manteiga, essa textura é vista como uma vantagem, enquanto no queijo pode ser considerada um problema.

Tecnologias como a hidrólise enzimática, associada a transesterificação ou ao emprego de dióxido de carbono supercrítico, contribuem para a obtenção de gordura com maior teor de CLA.

A adição direta de CLA também é apontada como uma possível alternativa aos baixos conteúdos do ácido graxo poliinsaturado em alimentos. Contudo, o desenvolvimento de sabor e aroma indesejáveis, bem como a perda da qualidade nutricional nos alimentos enriquecidos com CLA, pode ocorrer devido a baixa estabilidade oxidativa de suas insaturações conjugadas.

A microencapsulação do CLA, antes da sua incorporação em alimentos, pode ser considerada uma alternativa. Diante da dificuldade

de incorporação direta do CLA em alimentos, a síntese deste composto a partir da ação de bactérias ácido lácticas pode representar uma alternativa à produção de alimentos enriquecidos com CLA, com características sensoriais agradáveis.

## O PAPEL DA INDÚSTRIA NO ENRIQUECIMENTO COM CLA



Atualmente, é grande o interesse por tudo o que diz respeito à relação entre alimentação e saúde; os alimentos funcionais compõem uma área em constante expansão na indústria de alimentos.

Entre os numerosos compostos com funções biológicas específicas da nutrição básica independente que podem ser incorporados em alimentos, está o ácido linoleico conjugado (CLA).

Existem vários processos metabólicos para a síntese do CLA. O principal processo é o que compreende uma sequência de reações de isomerização, hidrogenação e desaturação do ácido

linoleico e linolênico. Outro processo possível é a síntese do *cis-9, trans-11*, do ácido vacênico, por desaturação. Nos ruminantes, a síntese de CLA é efetuada pelo primeiro processo mencionado, devido a atividade das bactérias ruminais, principalmente a *Butyrivibrio sp.* Esse processo de síntese não ocorre no organismo humano, embora tenha sido demonstrada a produção do isômero *cis-9, trans-11* a partir do ácido vacênico. Também tem sido observado que algumas bactérias lácticas, em particular as cepas pertencentes ao gênero *Lactobacillus* e *Enterococcus*, podem produzir CLA.

A principal fonte alimentar de CLA para os seres humanos é a gordura dos ruminantes. A ingestão diária de CLA nos países ocidentais é estimada entre 50 a 300mg/dia. Contudo, essa quantidade é inferior a que tem demonstrado efeitos benéficos em estudos com animais. Portanto, a ingestão extra desse ácido graxo enriquecido nos mesmos alimentos pode ajudar a melhorar a ingestão diária.

Assim, as possibilidades de elaboração de alimentos funcionais enriquecidos com CLA incluem a adição direta deste composto nos alimentos ou o a do microorganismo produtor.

Nesse sentido, o setor lácteo é o mais promissor, uma vez que algumas espécies microbianas que possuem a capacidade de produzir CLA também são responsáveis pela fermentação de produtos lácteos, o que possibilita a produção de leite fermentado com superior teor de CLA, adicionado

naturalmente ao produto.

Segundo alguns estudos, a produção microbiológica apresenta uma vantagem significativa sobre a produção química: a sua seletividade, o que é altamente recomendável para evitar a formação de isômeros não desejáveis. Os microorganismos produzem um único isômero de forma majoritária, o ácido rumênico. Por outro lado, a síntese biológica apresenta a dificuldade de atingir elevadas concentrações de isômeros de CLA. Apesar de oferecer menores rendimentos do que a síntese química, a síntese biológica pode produzir isômeros de interesse *in situ*, durante a produção do produto lácteo, de forma mais natural, utilizando o metabolismo enzimático do microorganismo.

Atualmente, alguns países já disponibilizam produtos adicionados com CLA, especialmente produtos lácteos (leite, iogurte, queijo). Em grande parte desses produtos, o enriquecimento foi efetuado pela adição de óleos ou pela modificação da alimentação do gado.

Nos Estados Unidos, a FDA aprovou, em 2008, notificação GRN 23233 apresentada para fundamentar a segurança do uso do CLA sintético, como ingrediente em certos alimentos, nas categorias de leite de soja, bebidas e barras para substituição de refeições, produtos lácteos e suco de frutas, em níveis não superiores a 1,5g por porção. O CLA também é considerado como um aditivo seguro pelo Codex Alimentarius.



# Ácido Linoleico Conjugado

## SUPLEMENTAÇÃO DE CLA

Diversos estudos têm demonstrado que em animais e em humanos, o CLA influencia o metabolismo energético, promovendo alterações significativas no metabolismo dos lipídios e, também, na composição corporal.

A administração de CLA, independente da origem e concentração, pode ser responsável pela melhora do

magra. Porém, estudos com humanos proveram resultados mais equívocos do que os estudos com animais, que relataram os efeitos da suplementação de ácido linoleico conjugado sobre a composição corporal.

Em estudos com animais, um dos efeitos mais estudados com relação à suplementação de CLA é sua capacidade em alterar a composição corporal, promovendo aumento da

Alguns estudos indicam menor ganho da massa corporal em ratos e camundongos em crescimento; no entanto outros estudos não encontraram nenhum efeito sobre esse parâmetro.

O primeiro estudo a demonstrar que a ingestão de CLA, equivalente a 0,5% do peso da dieta em ratos, produzia diminuição na massa gorda e aumento da massa magra, foi apresentado em 1997. Subsequentemente, outras pesquisas reportaram, ainda, que a suplementação com uma mistura de CLA em ratos produzia as enzimas de RNAm envolvidas na lipogênese do tecido adiposo e na expressão de fatores de transição relacionados com o metabolismo de ácidos graxos.

A maioria dos estudos realizados em ratos demonstra que o consumo de diferentes dosagens de CLA na dieta (0,5 a 2,0g de CLA/100g dieta) reduz o conteúdo de gordura corporal. Em alguns estudos verificou-se a diminuição do colesterol total, quando os ratos foram suplementados com 4% de CLA na dieta; aumento do colesterol, com suplementação de 1% de CLA; e manutenção dos níveis de colesterol, quando os animais foram suplementados com 2% de CLA, com tempo de experimento de 21 dias.

Nos seres humanos, o número de estudos disponíveis é menor. Porém, algumas evidências sugerem que a suplementação de CLA talvez possa gerar mudanças favoráveis na composição corporal de alguns indivíduos.

Estudos observaram uma redução significativa da massa de gordura após a suplementação da dieta de mulheres obesas com 3,4 e 6,8g de CLA durante 12 semanas. Outro estudo afirma que a suplementação da dieta com 0,7g de CLA, durante quatro semanas, e 1,4g de CLA, nas quatro semanas seguintes, também produziu diminuição da porcentagem de gordura corporal total.

Segundo um estudo realizado em 2004, a suplementação de 3g de

perfil lipídico sanguíneo, redução da aterosclerose, melhora da resistência à insulina e redução da gordura corporal, por mecanismos distintos e de forma diferente, tanto em animais quanto em humanos.

O ácido linoleico conjugado é comercializado, atualmente, como um ergogênico que tem por propósito auxiliar na redução da gordura corporal e no aumento da massa

massa magra e redução da massa gorda, em diferentes espécies, como camundongos, ratos, hamsters, porcos, entre outros.

Vários modelos experimentais em animais têm demonstrado que a suplementação da dieta com CLA em formas comerciais reduzi a gordura corporal total, independentemente do tipo ou da quantidade de lipídio consumido.



CLA aumentou a concentração de 8% da HDL colesterol em pacientes diabéticos e resultou na diminuição da relação da LDL/HDL colesterol. Também foram relatadas reduções nos níveis de HDL em mulheres obesas com síndrome metabólica e, inclusive, alguns estudos afirmam que a mistura de CLA induz a diminuição nos níveis de HDL em indivíduos saudáveis.

Doentes com excesso de peso e a perda de peso com uma dieta hipoenergética, também foi tema de um estudo, o qual avaliou o efeito da suplementação diária com 1,8g ou 3,6g/dia durante 13 semanas, na manutenção do peso alcançado, na composição corporal, na taxa metabólica de repouso, no apetite e na ingestão energética. O estudo concluiu que a suplementação com CLA favorece o aumento de massa magra e, conseqüentemente, da taxa de metabolismo basal, independentemente da dose administrada, mas não a manutenção do peso alcançado após o emagrecimento. Foi verificado, ainda, aumento da saciedade e diminuição da fome, independentemente da dose administrada e da porcentagem de peso recuperado, não tendo, no entanto, observando diminuição na ingestão energética.

Embora o mecanismo pelo qual

ocorra a diminuição de massa de gordura pelo CLA não esteja, ainda, completamente elucidado, postula-se que a redução da gordura corporal total pode ser devido ao aumento do gasto energético com exercício físico; aumento da oxidação de ácidos graxos; redução do tamanho dos adipócitos; redução da ingestão de energia; e inibição de enzimas envolvidas no metabolismo de ácidos graxos e lipogênese.

Os exercícios físicos, com intensidade moderada, têm sido utilizados para prevenir ou diminuir a formação de placas ateromatosas nas artérias, podendo alterar o perfil lipídico das lipoproteínas e diminuir o colesterol total. Além disso, o exercício físico pode interferir na composição corporal, diminuindo a massa de gordura e aumentando a massa magra. Porém, o impacto da prática habitual de atividade física no perfil lipídico e na composição corporal depende da qualidade da alimentação feita pelo indivíduo.

Pesquisas analisaram os efeitos agudos do CLA sobre a capacidade aeróbica e metabolismo energético, durante exercício de natação e corrida, em camundongos. Os estudos observaram maior tempo de exaustão (natação), menor coeficiente respiratório (esteira), maior oxidação de

ácidos graxos e aumento da atividade das enzimas lipase lipoproteica muscular nos animais suplementados em comparação aos controles.

Os resultados obtidos, de acordo com os estudos, sugerem que a ingestão de CLA pode influir sobre a capacidade de desempenho e aumento da contribuição de ácidos graxos para a manutenção da demanda energética durante o exercício.

As pesquisas estudaram, por exemplo, os efeitos da suplementação de CLA sobre a composição corporal e o perfil lipídico plasmático em humanos praticantes de atividades físicas e sedentários. A atividade física foi realizada por 30 minutos, três dias por semana. O protocolo de tratamento durou seis semanas. Não houve modificação nos seguintes parâmetros analisados no plasma (apo-B, colesterol total, AG, HDL, LDL e triacilglicerol). No entanto, a concentração de glicose e insulina plasmática, em jejum, reduziu tanto nos indivíduos apenas suplementados como também nos exercitados e suplementados.

Estudos relatam, ainda, que o exercício físico favorece o aumento dos níveis de HDL; um dado importante, pois o HDL é a única lipoproteína capaz de realizar o transporte reverso do colesterol, retirando o excesso de colesterol livre não só das membranas celulares, como do próprio subendotélio, e transportando até o fígado para ser degradado.

O CLA também tem sido utilizado por atletas de resistência como suplemento para ajudar no aumento do catabolismo lipídico, reduzir a gordura corporal e promover maior ganho de força e massa muscular durante o treinamento.

Os pesquisadores ressaltam, ainda, que a suplementação com CLA somada ao treinamento físico aeróbico, apresenta efeitos aditivos sobre o ganho de massa muscular.





## ALIMENTOS ENRIQUECIDOS CON ÁCIDO LINOLEICO CONJUGADO

El ácido linoleico conjugado (CLA) es el nombre dado al grupo de isómeros posicionales y geométricos del ácido octadecadienoico. Las dobles conexiones en el CLA se conjugan y no se separan por un grupo metileno, como en el ácido linoleico, un ácido graso esencial. Los isómeros de CLA ocurren naturalmente en los alimentos derivados de animales rumiantes (vaca, oveja, etc.), debido al proceso de biohidrogenación bacteriana del ácido linoleico, que está presente en los alimentos de estos animales, en el rumen. El CLA también se encuentra naturalmente en una variedad de otros productos alimenticios, no procedentes de animales rumiantes, como mariscos, pavos y aceites vegetales.

El isómero más común de CLA encontrado en la carne de rumiantes y en los productos alimenticios de leche bovina es el ácido octadeca-c9, t11-dienoico. La presencia de componentes secundarios, como los isómeros t7, c9, t8, c10, t10, c12, t11, c13, y t12, t14 y sus isómeros cis-cis, trans-trans, también se hallaron en productos naturales. Dos nombres apenas han sido propuestos para el isómero c9,t11, ácido bovínico y ácido rumérico. El nombre ácido bovínico se consideró demasiado restrictivo para el CLA porque el isómero c9, t11 no se produce sólo en el rumen bovino, sino que también es producido por otros animales rumiantes por el mismo mecanismo. El nombre ácido rumérico recibió mayor aceptación, siendo

encontrado repetidas veces en la literatura técnica relativa al asunto. La amplia literatura sobre el CLA sugiere que estos ácidos grasos isométricamente conjugados poseen potentes actividades bioquímicas y fisiológicas que pueden beneficiar la salud humana y proteger contra enfermedades crónicas.

El CLA es el único antioxidante y anticarcinogénico asociado a alimentos de origen animal. Varios artículos científicos se han publicado sobre las propiedades atribuidas al CLA, como la reducción de la grasa corporal acumulada, el aumento de la masa corporal magra, la reducción de los síntomas de la arteriosclerosis o la hipertensión, la mejora del sistema inmunológico, la reducción de la inflamación y el efecto que favorece la mineralización ósea, así como su utilidad en la prevención y el tratamiento de las alergias a los alimentos. Otros efectos del CLA son su acción antioxidante e inmunomoduladora.

El CLA se encuentra en varios productos alimenticios, en mayores proporciones en los lácteos y en la carne de vacuno y, en cantidades menores, en cerdo y aves.

Las concentraciones de CLA en productos lácteos varían de 2,9 a 8,2 mg/g de grasa, siendo que el isómero cis-9, trans-11 representa entre el 73% a 93% del total de CLA. Estudios encontraron valores 5,2mg de CLA en leches y 4,7mg en queso cheddar. Según las encuestas, los contenidos de CLA en yogur varían de 2,8 a 4,8mg/g; y en la mantequilla, 6,1mg de CLA está

presente.

El contenido de CLA en la leche y los productos lácteos y la carne de vacuno es de 4 y 5 mg/g de grasa, respectivamente, siendo el isómero cis-9, trans-11 responsable de más del 80% de ese contenido. Algunas investigaciones sugieren que el contenido de CLA presente en la leche puede ser significativamente aumentado a través de la modificación de la dieta de los animales.

La existencia de una amplia gama de variación en los niveles de CLA, en especial en la leche, puede atribuirse a factores asociados a los animales, como especie, raza, edad y etapa de lactancia, así como a factores relacio-

nados a la dieta, como incorporación de CLA, Composición de ácidos grasos, variación estacional y tipo de alimentación.

Las leches de especies rumiantes, como bovinos, caprinos, ovinos y bubalinos, son los que presentan mayor concentración de CLA, debido a la capacidad de estos animales de convertir ácidos grasos insaturados en ácido linoleico conjugado.

En la leche, el contenido de CLA puede ser modificado mediante la manipulación de la alimentación de los animales lactantes. Se observaron concentraciones mayores de CLA en la leche de animales alimentados con pasto fresco, en detrimento de aquellos alimentados con ración.

Mayores contenidos de CLA en la leche también pueden obtenerse a partir de la suplementación de las raciones con aceite o semillas oleaginosas ricas en ácido linoleico y  $\alpha$ -linolénico, como linaza, girasol, canola y soja o, aún, aceite de pescado.

En cuanto al contenido de CLA en yogurt, el tipo de leche y la tecnología de fabricación interfieren de forma significativa, siendo que los valores varían en el rango de 0,128g/100g hasta 1.501g/100g de grasa.

El contenido de CLA en quesos puede variar de 0,05 a 2,86g/100g de grasa, donde el tipo de leche, la alimentación y el origen geográfico afectan la concentración de estos ácidos grasos. En cuanto al tipo de queso, el período de maduración interfiere en los contenidos de CLA, siendo mayor para aquellos más madurados, mientras que el proceso tecnológico (cocción o no de la masa) y el contenido de humedad no interfieren significativamente.

Ante los efectos benéficos atribuidos al CLA, una de las alternativas para aumentar su contenido en leche y derivados es la utilización de métodos de enriquecimiento. El queso Edam y la mantequilla elaborados a partir de leche de vaca enriquecida con CLA, a través de la suplementación alimen-

ticia con aceite de canola, presentan propiedades sensoriales aceptables, buenas características de almacenamiento y textura más ablandada. En la mantequilla, esta textura se ve como una ventaja, mientras que en el queso puede ser considerado un problema.

Las tecnologías como la hidrólisis enzimática, asociada a la transesterificación o al empleo de dióxido de carbono supercrítico, contribuyen a la obtención de grasa con mayor contenido de CLA.

La adición directa de CLA también se apunta como una posible alternativa a los bajos contenidos del ácido graso poliinsaturado en los alimentos. Sin embargo, el desarrollo de sabor y aroma indeseable, así como la pérdida de la calidad nutricional de los alimentos enriquecidos con CLA, puede ocurrir debido a la baja estabilidad oxidativa de sus insaturaciones conjugadas. La microencapsulación del CLA, antes de su incorporación en alimentos, puede considerarse una alternativa. En vista de la dificultad de la incorporación directa de CLA en los alimentos, la síntesis de este compuesto a partir de la acción de las bacterias del ácido láctico pueden representar una alternativa a la producción de alimentos enriquecidos con CLA, con características sensoriales agradables.

Existen varios procesos metabólicos para la síntesis del CLA. El principal proceso es el que comprende una secuencia de reacciones de isomerización, hidrogenación y desaturación del ácido linoleico y linolénico. En los rumiantes, la síntesis de CLA es efectuada por el primer proceso mencionado, debido a la actividad de las bacterias ruminal, principalmente a *Butyrivibrio sp.* Este proceso de síntesis no ocurre en el organismo humano, aunque se ha demostrado la producción del isómero *cis*-9, *trans*-11 a partir del ácido vacénico. También se ha observado que algunas bacterias lácticas, en particular las cepas pertenecientes al género *Lactobacillus*

y *Enterococcus*, pueden producir CLA. La principal fuente alimentaria de CLA para los seres humanos es la grasa de los rumiantes. La ingesta diaria de CLA en los países occidentales se estima entre 50 a 300 mg/día. Sin embargo, esta cantidad es inferior a la que ha demostrado efectos benéficos en estudios con animales. Por lo tanto, la ingestión extra de este ácido graso enriquecido en los mismos alimentos puede ayudar a mejorar la ingesta diaria.

Así, las posibilidades de elaboración de alimentos funcionales enriquecidos con CLA incluyen la adición directa de este compuesto en los alimentos o el del microorganismo productor.

En este sentido, el sector lácteo es el más prometedor, ya que algunas especies microbianas que tienen la capacidad de producir CLA son también responsables de la fermentación de productos lácteos, permitiendo la producción de leche fermentada con mayor contenido de materia grasa del CLA, agregado naturalmente al producto.

Actualmente, algunos países ya tienen productos añadidos con CLA, especialmente productos lácteos (leche, yogur, queso). En gran parte de estos productos, el enriquecimiento se realiza mediante la adición de aceites o modificando la alimentación del ganado.

En los Estados Unidos, la FDA aprobó, en 2008, la notificación GRN 23233 presentada para fundamentar la seguridad del uso del CLA sintético, como ingrediente en ciertos alimentos, en las categorías de leche de soja, bebidas y barras para sustitución de comidas, productos lácteos y jugo de frutas, en niveles no superiores a 1,5g por porción. El CLA también se considera un aditivo seguro por el *Codex Alimentarius*.