

EFEITO DA GOMA ARÁBICA NAS CONCENTRAÇÕES DE COLESTEROL HEPÁTICO, SÉRICO E FECAL DE RATOS ALIMENTADOS COM SEMENTE DE LINHAÇA, ÓLEO DE LINHAÇA E COLESTEROL SINTÉTICO

Sandra Soares MELO*
Bruna Maria SILVEIRA**
Flávia Bagatini STEFANES**
Thaís Aparecida TOMIO***
César Augusto TISCHER****

■RESUMO: A semente de linhaça, rica em ácidos graxos poliinsaturados, tem sido sugerida para reduzir o risco de doenças cardiovasculares. O presente estudo objetivou avaliar os efeitos das dietas com semente ou óleo de linhaça substituindo em até 50% os teores de óleo de soja da dieta original, associadas ou não à goma arábica (5%), nas concentrações de colesterol hepático, sérico e fecal de 66 ratos distribuídos em 11 grupos induzidos ou não à hipercolesterolemia com a adição de 1% de colesterol sintético na dieta. Durante os 28 dias de experimento os animais permaneceram em ambiente controlado, receberam suas respectivas dietas e a excreção fecal foi registrada semanalmente. Após este período foi realizada a eutanásia e coletou-se sangue e fígado para análises. Com a metodologia adotada não foi possível induzir acúmulo de colesterol hepático e sérico, com exceção quando o óleo de linhaça foi adicionado. A goma arábica quando associada ao óleo de linhaça exerceu efeito redutor sobre as concentrações hepáticas de colesterol (-68,39%), em animais induzidos à hipercolesterolemia. A semente de linhaça associada à goma arábica na presença ou não de dieta hipercolesterolemia reduziu as concentrações séricas de colesterol em 25,56% e 24,17%, respectivamente. Desse modo, conclui-se que a adição dietética de goma arábica associada ao óleo ou à semente de linhaça pode trazer benefícios para o metabolismo lipídico.

■PALAVRAS CHAVE: Linhaça; goma arábica; colesterol; fígado.

INTRODUÇÃO

É amplamente aceito que a dieta pode influenciar o estado de saúde do indivíduo. Esse fato tem aumentado a procura por uma dieta adequada e de qualidade, uma vez que a satisfação das necessidades nutricionais está con-

dicionada ao binômio qualidade-quantidade de alimentos portadores de energia e de nutrientes.¹⁶

A inclusão de alimentos fontes de ácidos graxos essenciais como o ácido linoléico (ω -6) e ácido α -linolênico (ω -3) na alimentação tem sido um fator importante e de grande interesse devido a sua necessidade para o metabolismo humano e obtenção de energia.⁸

Os diversos efeitos do ω -6 (ω -6) e ω -3 (ω -3) no metabolismo das lipoproteínas, no funcionamento plaquetário e na integridade de vasos e artérias os tornam de especial interesse em relação à redução de risco e tratamento de doenças cardiovasculares.³³

Um estudo populacional constatou que dietas com elevadas quantidades de peixes ricos em ácidos graxos poliinsaturados da série ω -3 e a utilização de azeite de oliva rico em ácido graxo monoinsaturado provocam diminuição dos valores séricos de colesterol e oferecem efeito protetor contra o derrame cerebral, doença cardiovascular e diabetes.²⁶

Visentainer et al.⁴³ observaram que o ácido α -linolênico (ω -3) é encontrado em concentrações elevadas na semente de linho (*Linum usitatissimum*), variando de 46,6 a 51,5 % do total de ácidos graxos. Arjmandi et al.³ e Cunnane et al.¹² relataram que as altas concentrações de fibra alimentar presentes na semente de linhaça, fração solúvel (40% das fibras) e insolúvel (60%, sendo a lignina a maior porção) possuem papel importante na redução das concentrações séricas de LDL-colesterol.

Estudos sobre a ação fisiológica das fibras alimentares têm reconhecido a importância de manter consumo adequado e regular desde nutriente. As fibras alimentares estão associadas com redução de risco de diversas doenças, como infecções intestinais, doenças cardiovasculares, diabetes e câncer.⁴

Algumas propriedades presentes nas fibras solúveis podem contribuir para o potencial hipocolesterolemia,

* Curso de Nutrição – Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI – 88302-202 – Itajaí – SC – Brasil.

** Curso de Graduação de Nutrição – Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI – 88302-202 – Itajaí – SC – Brasil.

*** Curso de Graduação de Farmácia – Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI – 88302-202 – Itajaí – SC – Brasil.

**** Curso de Farmácia – Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI – 88302-202 – Itajaí – SC – Brasil.

as quais incluem viscosidade, fermentabilidade e capacidade de ligação com os ácidos biliares.^{24,25} A goma arábica é uma fibra solúvel de baixa viscosidade, podendo ser incorporada facilmente em produtos alimentares, destacando que essa possui sabor insípido, não influenciando, portanto, na palatabilidade.¹³

Derivada das árvores do gênero *Acácia*, a goma arábica é muito empregada como estabilizante e emulsificante na indústria alimentícia e apresenta grande influência na absorção de nutrientes. Os efeitos fisiológicos de sua ingestão incluem a completa fermentação no cólon humano, sua capacidade de diminuir as concentrações séricas de colesterol e triacilgliceróis.^{19,32}

Uma questão que permanece em aberto é o efeito do óleo de linhaça isoladamente ou associado com fonte de fibra, como por exemplo a goma arábica, nas concentrações de colesterol. Sabe-se que a semente de linhaça isolada exerce efeito na redução das concentrações de colesterol, contudo é necessário conhecer o efeito adicional da goma arábica nestes parâmetros, na presença de dieta normocolesterolemia ou hipercolesterolemia.

O estudo em questão objetivou avaliar os efeitos das dietas com semente ou óleo de linhaça associadas ou não à goma arábica nas concentrações de colesterol hepático, sérico e fecal de ratos induzidos à hipercolesterolemia.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de Realização dos Experimentos

O presente estudo foi desenvolvido por meio da parceria entre Grupos de Pesquisa com docentes e acadêmicos do Curso de Nutrição (Grupo de Investigação em Alimentos e Nutrição) e de Farmácia (Grupo de Pesquisa NIQFAR), ambos da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI). O experimento e coleta das amostras foram realizados no Laboratório de Nutrição Experimental do Curso de Nutrição e a determinação das concentrações de colesterol no Laboratório de Bioquímica do Curso de Farmácia da UNIVALI. A pesquisa seguiu as normas estabelecidas pelos Princípios Internacionais Orientadores para Pesquisa Biomédica envolvendo Animais²¹ e foi aprovada pela Comissão de Ética em Pesquisa da UNIVALI sob o parecer nº 473/2003.

Animais e Dieta

Foram utilizados 66 ratos machos, da espécie *Rattus norvegicus*, linhagem Wistar, com peso inicial médio de 110 gramas.

Os animais foram distribuídos em blocos ao acaso em 11 grupos diferentes, sendo que cada grupo foi composto por seis ratos recebendo dieta padrão (Tabela 1), recomendada pelo *American Institute of Nutrition* (AIN 93 G)³⁷ para roedores em crescimento, mantidos em experimentação com as devidas modificações para cada grupo. As dietas e água destilada foram oferecidas *ad libitum* aos animais dos diferentes grupos experimentais.

O **Grupo Controle (C)** recebeu dieta AIN-93G; **Grupo Semente de Linhaça (SL)** recebeu dieta AIN-93G suplementada com semente de linhaça em 50% sobre o valor recomendado de óleo de soja; **Grupo Óleo de Linhaça (OL)** recebeu dieta AIN-93G suplementada com 50% de óleo de linhaça sobre o valor recomendado de óleo de soja; **Grupo Colesterol Sintético (CS)** recebeu dieta AIN-93G suplementada com 1 % de colesterol sintético (Vetec®); **Grupo Colesterol Sintético + Semente de Linhaça (CS+SL)** recebeu dieta AIN-93G suplementada com 1% de colesterol sintético (Vetec®) e semente de linhaça em 50% sobre o valor recomendado de óleo de soja; **Grupo Colesterol Sintético + Óleo de Linhaça (CS+OL)** recebeu dieta AIN-93G suplementada com 50% de óleo de linhaça sobre o valor recomendado de óleo de soja e 1% de colesterol (Vetec®); **Grupo Goma (G)** recebeu dieta AIN-93G com adição de goma arábica a 5%; **Grupo Goma + Óleo de Linhaça (G+OL)** recebeu dieta AIN-93G suplementada com 50% de óleo de linhaça sobre o valor recomendado de óleo de soja e goma arábica a 5% sobre a quantidade total da dieta; **Grupo Goma + Semente de Linhaça (G+SL)** recebeu dieta AIN-93G suplementada com semente de linhaça em 50% sobre o valor recomendado de óleo de soja e goma arábica a 5% sobre a quantidade total da dieta; **Grupo Colesterol Sintético + Óleo de Linhaça + Goma arábica (CS+OL+G)** recebeu dieta AIN-93G suplementada com 50% de óleo de linhaça sobre o valor recomendado de óleo de soja e 1% de colesterol (Vetec®) e goma arábica a 5% sobre a quantidade total da dieta; **Grupo Colesterol Sintético + Semente de Linhaça + Goma arábica (CS+SL+G)** recebeu dieta AIN-93G suplementada com 1% de colesterol sintético (Vetec®) e semente de linhaça em 50% sobre o valor recomendado de óleo de soja e goma arábica a 5% sobre a quantidade total da dieta.

As sementes de linhaça marrom (*Linum usitatissimum*) foram adquiridas em comércio local na cidade de Balneário Camboriú/Santa Catarina. Para a obtenção do óleo de linhaça as sementes foram trituradas e submetidas ao processo de extração, através do contato direto com solventes como clorofórmio e éter de petróleo, apropriados para a retirada dos ácidos graxos poliinsaturados. Este material em contato com o solvente foi depositado em um balão de fundo redondo (com aquecimento constante), acoplado a uma coluna de condensação, através de um sistema de refluxo. O óleo foi submetido à filtração e levado ao evaporador rotatório para que todo solvente que ainda estivesse presente na amostra fosse eliminado, promovendo desta maneira, a concentração do mesmo.

A adição dietética de óleo de linhaça foi calculada de forma que a mesma quantidade de óleo estivesse presente em todas as dietas. Considerando-se 70g de óleo de soja por quilograma de dieta padrão, foi adicionado então 50% de óleo de soja e 50% óleo de linhaça, obtendo-se assim o mesmo conteúdo de óleo nas dietas (70g/kg de dieta).

Tabela 1 – Composição da dieta recomendada pelo *American Institute of Nutrition* (AIN 93 G)³⁷ para ratos no período de crescimento (Grupo C) e devidas modificações para cada Grupo experimental.

Ingredientes (g/kg de dieta)	Grupo												
	C	SL	OL	CS	CS+SL	CS+OL	G	G+OL	G+SL	CS+OL+G	CS+SL+G	CS+OL+G	CS+SL+G
Amido de milho	397,486	397,486	397,486	397,486	397,486	397,486	397,486	397,486	397,486	397,486	397,486	397,486	397,486
Caseína	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Amido de milho dextrinizado	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132
Sacarose	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Óleo de soja	70	35	35	70	35	35	70	35	35	35	35	35	35
Fibra insolúvel	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Mistura mineral	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Mistura vitamínica	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
L – cistina	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Bitartarato de colina	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Ter-butilhdroquinona	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014
Colesterol sintético	0	0	0	10	10	10	0	0	0	0	0	0	10
Semente de linhaça	0	35	0	0	35	0	0	0	35	0	0	35	0
Óleo de linhaça	0	0	35	0	0	35	0	35	0	35	0	35	0
Goma arábica	0	0	0	0	0	0	50	50	50	50	50	50	50

Legenda: **Grupo C:** grupo controle recebendo dieta AIN-93G; **Grupo SL:** grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com semente de linhaça em 50% sobre o valor recomendado de óleo de soja; **Grupo OL:** grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com 50% de óleo de linhaça sobre o valor recomendado de óleo de soja; **Grupo CS:** grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com 1 % de colesterol sintético; **Grupo CS+SL:** grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com 1% de colesterol sintético e semente de linhaça em 50% sobre o valor recomendado de óleo de soja; **Grupo G:** grupo recebendo dieta AIN-93G com adição de óleo de soja; **Grupo CS+OL:** grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com 50% de óleo de linhaça sobre o valor recomendado de óleo de soja e 1% de colesterol; **Grupo G+OL:** grupo recebendo dieta AIN-93G com adição de goma arábica a 5%; **Grupo G+SL:** grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com 50% de óleo de linhaça sobre o valor recomendado de óleo de soja e goma arábica a 5% sobre a quantidade total da dieta; **Grupo CS+OL+G:** grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com semente de linhaça em 50% sobre o valor recomendado de óleo de soja e goma arábica a 5% sobre a quantidade total da dieta; **Grupo CS+OL+G:** grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com 50% de óleo de linhaça sobre o valor recomendado de óleo de soja e 1% de colesterol e goma arábica a 5% sobre a quantidade total da dieta; **Grupo CS+SL+G:** grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com 1% de colesterol sintético e semente de linhaça em 50% sobre o valor recomendado de óleo de soja e goma arábica a 5% sobre a quantidade total da dieta.

O mesmo princípio foi estabelecido para adição à dieta de semente de linhaça, considerando rendimento de 30% de óleo de linhaça presente na semente. As sementes de linhaça foram submetidas a um processo de moagem com o auxílio de um liquidificador, formando uma amostra homogênea, posteriormente acrescida à dieta.

Delineamento Experimental

Os animais permaneceram em período de adaptação ao ambiente durante três dias, recebendo dieta comercial peletizada Nuvital®. Posteriormente, durante os 28 dias de experimento os grupos passaram a receber suas respectivas dietas e água destilada. Os animais permaneceram alojados em gaiolas metabólicas de aço inoxidável em ambiente controlado (fotoperíodo de 12 horas, temperatura 22±2°C, ventilação por exaustão). Semanalmente foram coletadas as fezes de 24 horas dos animais dos diferentes grupos experimentais, pesadas e imediatamente congeladas (-20°C) para posterior análise. Ao final do experimento os animais foram previamente anestesiados com Zoletil 50® (50,0 mg/kg de peso do animal), via intraperitoneal e, depois de realizada a eutanásia por punção cardíaca (ventrículo direito), no período da manhã, em jejum de 10 a 12 horas. Em seguida, o sangue foi centrifugado, em temperatura ambiente durante 15 minutos a 3000 rotações por minuto (rpm), e o soro utilizado para análise dos parâmetros bioquímicos: triacilgliceróis, colesterol total e frações (HDL-colesterol e LDL-colesterol). As determinações das concentrações séricas foram realizadas por meio da utilização de kits enzimáticos específicos para cada substância (marca laboratório Weber®, DiaSys® Labtest®) e a leitura realizada em equipamento automatizado COBAS MIRA (Roche®). O LDL-colesterol foi calculado por diferença pela fórmula de Friedewald, usada quando triacilgliceróis é menor que 400 mg/dL.¹⁸

O fígado dos animais foi retirado, imerso em solução salina, colocado sobre papel filtro, imediatamente pesado e congelado a -20°C, para posterior análise da concentração de colesterol hepático.

Determinação de Colesterol Hepático e Fecal

As amostras de fígado e fezes foram secas em estufa a 60°C, por 24 horas. Após este período foram processadas 0,50 g da amostra já seca e a ela adicionou-se 5mL de isopropanol, solvente utilizado para solubilizar o colesterol presente. Posteriormente a amostra foi macerada com auxílio de um pistilo e colocada em um recipiente, onde ficaram na geladeira por mais 24 horas.³¹

Este material decantando foi centrifugado por 10 minutos a 3000 rotações por minuto (rpm). O comprimento de onda utilizado nas leituras foi de 500 nm. A concentração de colesterol foi obtida pela análise fotocolorimétrica do produto enzimático com espectrofotômetro da marca SHIMADZU modelo 1601 UV-VIS.

Utilizou-se kit enzimático para otimizar as análises bioquímicas (Colesterol liquifor-Labest®) com a finalidade

de determinar a quantidade do colesterol total dos fígados e fezes. O kit é composto de reagente e padrão. O reagente continha tampão 50 mmol/L, pH 7,0; fenol 24 mmol/L; colato de sódio 500 µmol/L; azida sódica 15 mmol/L; 4-aminoantipirina 500 µmol/L; colesterol esterase menor ou igual a 250 U/L; colesterol oxidase menor ou igual a 250 U/L e peroxidase menor ou igual a 1000 U/L e o padrão (200 mg/dL) contém azida sódica 15 mmol/L. Para o cálculo do colesterol (mg/dL) considerou-se absorvância do teste/ absorvância x 200.

Análise Estatística

As variáveis foram apresentadas como médias ± desvios padrão. A determinação das diferenças entre os grupos experimentais foi realizada meio da Análise de Variância (ANOVA) com pós teste de Tukey-Kramer, considerando $p < 0,05$. Utilizou-se o programa GRAPH Pad Instat.²²

RESULTADOS

Os resultados da concentração de colesterol hepático em mg/dL e razão entre colesterol total da amostra por peso de fígado em mg/g estão apresentados na Tabela 2. A Tabela 3 exibe os valores referentes ao p , segundo análise estatística de variância da concentração de colesterol. O Gráfico 1 apresenta a variação da concentração de colesterol hepático por animal e seus respectivos grupos.

Considerando os grupos normocolesterolêmicos, em comparação aos demais grupos do estudo, observou-se que os animais que receberam dieta suplementada com G+OL apresentaram as menores concentrações de colesterol no fígado quando comparados aos animais dos Grupos C, SL, OL, CS, CS+SL, CS+OL e CS+SL+G. O segundo melhor perfil de concentração de colesterol hepático foi exibido pelo Grupo G+SL, seguido pelo Grupo SL, os quais diferiram estatisticamente dos Grupos C, OL, CS, CS+OL e CS+SL+G, com exceção do CS+SL que apresentou diferença significativa somente em relação a G+SL. O Grupo G mostrou comportamento similar ao Grupo SL. Ressalta-se que o Grupo OL, dentre todos os grupos normocolesterolêmicos exibiu as maiores concentrações de colesterol no fígado.

Em relação aos grupos hipercolesterolêmicos pôde-se observar que o Grupo suplementado com CS+OL+G apresentou as menores concentrações médias de colesterol hepático, seguido do Grupo que recebeu dieta com CS+SL+G. O Grupo CS+SL demonstrou maior acúmulo de colesterol hepático somente quando relacionado com os Grupos normocolesterolêmicos G+OL e G+SL. Os maiores valores de colesterol no fígado foram apresentados pelo Grupo CS+OL, quando comparado aos demais grupos experimentais.

Tabela 2 – Valores de massa de fígado seco utilizada para extração de colesterol (mAF), de concentração de colesterol dissolvido em 5 mL de isopropanol ([C]), e razão entre colesterol total da amostra por massa de fígado (r).

Grupos	mAF (g)	[C] (mg/dL)	r (mg/g)
C	0,52 ± 0,04	175,35 ± 31,26	16,73 ± 2,62
SL	0,55 ± 0,06	141,32 ± 12,10	12,84 ± 1,18
OL	0,61 ± 0,05	219,91 ± 39,39	18,21 ± 3,11
CS	0,70 ± 0,04	322,22 ± 113,52	23,29 ± 8,80
CS+SL	0,70 ± 0,04	259,03 ± 102,53	18,54 ± 6,83
CS+OL	0,76 ± 0,08	730,44 ± 305,03	48,41 ± 20,99
G	0,66 ± 0,11	168,40 ± 28,28	13,37 ± 4,29
G+OL	0,69 ± 0,13	134,72 ± 10,16	10,01 ± 2,20
G+SL	0,60 ± 0,06	141,90 ± 28,32	11,87 ± 2,32
CS+OL+G	0,67 ± 0,09	201,62 ± 65,53	15,30 ± 4,94
CS+SL+G	0,64 ± 0,12	237,15 ± 77,57	18,52 ± 3,99

Legenda: Grupo C: grupo controle recebendo dieta AIN-93G; Grupo SL: grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com semente de linhaça em 50% sobre o valor recomendado de óleo de soja; Grupo OL: grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com 50% de óleo de linhaça sobre o valor recomendado de óleo de soja; Grupo CS: grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com 1% de colesterol sintético; Grupo CS+SL: grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com 1% de colesterol sintético e semente de linhaça em 50% sobre o valor recomendado de óleo de soja; Grupo CS+OL: grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com 50% de óleo de linhaça sobre o valor recomendado de óleo de soja e 1% de colesterol; Grupo G: grupo recebendo dieta AIN-93G com adição de goma arábica a 5%; Grupo G+OL: grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com 50% de óleo de linhaça sobre o valor recomendado de óleo de soja e goma arábica a 5% sobre a quantidade total da dieta; Grupo G+SL: grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com semente de linhaça em 50% sobre o valor recomendado de óleo de soja e goma arábica a 5% sobre a quantidade total da dieta; Grupo CS+OL+G: grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com 50% de óleo de linhaça sobre o valor recomendado de óleo de soja e 1% de colesterol e goma arábica a 5% sobre a quantidade total da dieta; Grupo CS+SL+G: grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com 1% de colesterol sintético e semente de linhaça em 50% sobre o valor recomendado de óleo de soja e goma arábica a 5% sobre a quantidade total da dieta.

Tabela 3 – Análise estatística ANOVA, com pós teste de Tukey, da razão entre colesterol total da amostra por massa de fígado (r), comparando as dietas dos diferentes grupos. Valores de p.

	SL	OL	CS	CS+SL	CS+OL	G	G+OL	G+SL	CS+OL+G	CS+SL+G
C	0,007	0,394	0,110	0,558	0,004	0,131	0,001	0,006	0,544	0,380
SL	-	0,002	0,016	0,071	0,001	0,777	0,023	0,382	0,263	0,007
OL	-	-	0,212	0,916	0,005	0,048	0,001	0,002	0,249	0,884
CS	-	-	-	0,320	0,022	0,032	0,009	0,011	0,081	0,254
CS+SL	-	-	-	-	0,007	0,147	0,026	0,046	0,368	0,995
CS+OL	-	-	-	-	-	0,002	0,002	0,001	0,003	0,006
G	-	-	-	-	-	-	0,149	0,469	0,485	0,056
G+OL	-	-	-	-	-	-	-	0,208	0,055	0,002
G+SL	-	-	-	-	-	-	-	-	0,154	0,005
CS+OL+G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,242

Legenda: Grupo C: grupo controle recebendo dieta AIN-93G; Grupo SL: grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com semente de linhaça em 50% sobre o valor recomendado de óleo de soja; Grupo OL: grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com 50% de óleo de linhaça sobre o valor recomendado de óleo de soja; Grupo CS: grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com 1% de colesterol sintético; Grupo CS+SL: grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com 1% de colesterol sintético e semente de linhaça em 50% sobre o valor recomendado de óleo de soja; Grupo CS+OL: grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com 50% de óleo de linhaça sobre o valor recomendado de óleo de soja e 1% de colesterol; Grupo G: grupo recebendo dieta AIN-93G com adição de goma arábica a 5%; Grupo G+OL: grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com 50% de óleo de linhaça sobre o valor recomendado de óleo de soja e goma arábica a 5% sobre a quantidade total da dieta; Grupo G+SL: grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com semente de linhaça em 50% sobre o valor recomendado de óleo de soja e goma arábica a 5% sobre a quantidade total da dieta; Grupo CS+OL+G: grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com 50% de óleo de linhaça sobre o valor recomendado de óleo de soja e 1% de colesterol e goma arábica a 5% sobre a quantidade total da dieta; Grupo CS+SL+G: grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com 1% de colesterol sintético e semente de linhaça em 50% sobre o valor recomendado de óleo de soja e goma arábica a 5% sobre a quantidade total da dieta.

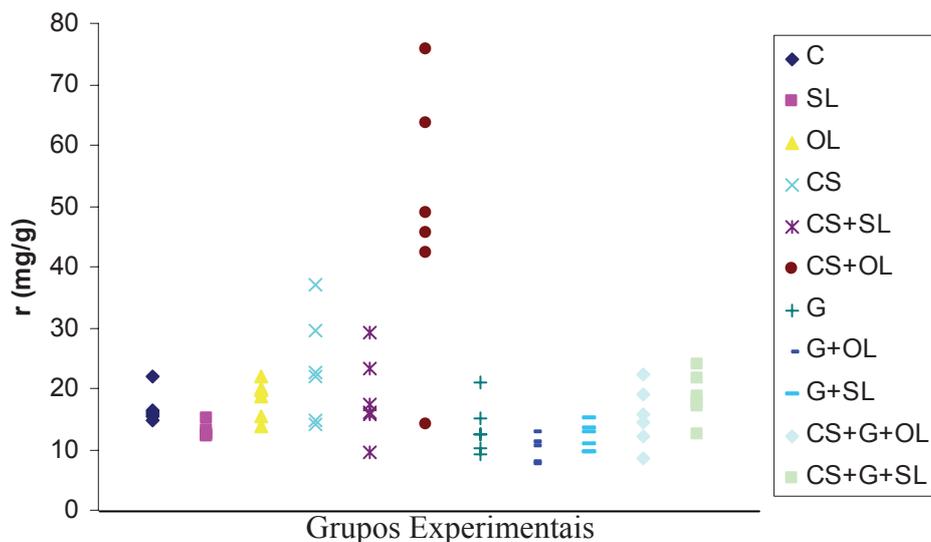


Gráfico 1 – Variação da concentração de colesterol hepático por animal e seus respectivos grupos alimentados com diferentes dietas.

Legenda: **Grupo C:** grupo controle recebendo dieta AIN-93G; **Grupo SL:** grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com semente de linhaça em 50% sobre o valor recomendado de óleo de soja; **Grupo OL:** grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com 50% de óleo de linhaça sobre o valor recomendado de óleo de soja; **Grupo CS:** grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com 1% de colesterol sintético; **Grupo CS+SL:** grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com 1% de colesterol sintético e semente de linhaça em 50% sobre o valor recomendado de óleo de soja; **Grupo CS+OL:** grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com 50% de óleo de linhaça sobre o valor recomendado de óleo de soja e 1% de colesterol; **Grupo G:** grupo recebendo dieta AIN-93G com adição de goma arábica a 5%; **Grupo G+OL:** grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com 50% de óleo de linhaça sobre o valor recomendado de óleo de soja e goma arábica a 5% sobre a quantidade total da dieta; **Grupo G+SL:** grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com semente de linhaça em 50% sobre o valor recomendado de óleo de soja e goma arábica a 5% sobre a quantidade total da dieta; **Grupo CS+OL+G:** grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com 50% de óleo de linhaça sobre o valor recomendado de óleo de soja e 1% de colesterol e goma arábica a 5% sobre a quantidade total da dieta; **Grupo CS+SL+G:** grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com 1% de colesterol sintético e semente de linhaça em 50% sobre o valor recomendado de óleo de soja e goma arábica a 5% sobre a quantidade total da dieta.

A Tabela 4 exibe os resultados das concentrações séricas de colesterol total, LDL colesterol, HDL colesterol, triacilgliceróis e concentração de colesterol fecal dos grupos experimentais ao final do estudo.

Verificou-se que os Grupos G+SL, CS+SL+G foram os que demonstraram as menores médias para colesterol total quando comparados ao Grupo C, entre os Grupos normocolesterolemiantes e hipercolesterolemiantes, respectivamente.

Os Grupos SL e OL para a variável LDL colesterol apresentaram menores valores médios em relação aos Grupos CS+SL e CS+OL+G. Os Grupos G+SL e CS+SL+G diferiram estatisticamente em comparação ao Grupo CS+OL+G que exibiu a maior média de LDL colesterol.

Para as concentrações séricas de HDL colesterol não se identificou diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Entretanto, os Grupos SL e OL na presença de dieta normocolesterolemiantes exibiram maiores valores médios de HDL colesterol.

Todos os grupos hipercolesterolemiantes quando comparados ao Grupo C mostraram menores valores séricos de triacilgliceróis. Os grupos com melhor perfil para as concentrações séricas de triacilgliceróis, semelhante ao Grupo C, foram os tratados com óleo de linhaça (OL), semente de linhaça (SL) e goma arábica (G) na presença de dieta normocolesterolemiantes.

Em relação às concentrações de colesterol nas fezes dos animais experimentais, pode-se observar que os grupos normocolesterolemiantes apresentaram diferença estatisticamente significativa quando relacionados aos grupos hipercolesterolemiantes. Dentre os grupos que receberam dieta normocolesterolemiantes, o Grupo C exibiu o maior valor médio de excreção de colesterol fecal e o Grupo com dieta à base de semente de linhaça (SL) o menor valor médio. Embora sem diferença estatisticamente significativa entre os grupos hipercolesterolemiantes, o Grupo CS+OL exibiu maiores valores médios para a variável excreção fecal.

Tabela 4 – Valores médios com respectivos desvios-padrão das concentrações séricas de colesterol total, LDL-colesterol, HDL-colesterol, triacilgliceróis e concentrações de colesterol fecal dos grupos experimentais ao final do estudo.

Grupos	CT (mg/dL)	LDL-c (mg/dL)	HDL-c (mg/dL)	Triacilgliceróis (mg/ dL)	[C]Fezes (mg/dL)
C	96,50 ± 11,36 ^a	32,50 ± 12,01 ^{ab}	24,83 ± 5,04 ^a	195,00 ± 56,97 ^a	74,83 ± 25,86 ^a
SL	79,67 ± 1,09 ^{abc}	27,00 ± 20,33 ^a	27,50 ± 5,21 ^a	139,50 ± 77,83 ^{ab}	21,85 ± 23,97 ^a
OL	90,83 ± 7,83 ^{abc}	28,67 ± 8,09 ^a	28,33 ± 4,03 ^a	168,00 ± 33,18 ^{ac}	49,11 ± 27,03 ^a
CS	79,33 ± 7,23 ^{abc}	39,17 ± 8,33 ^{ab}	25,83 ± 6,85 ^a	70,33 ± 22,38 ^b	490,53 ± 73,29 ^b
CS + SL	86,83 ± 10,36 ^{abc}	51,67 ± 11,06 ^{bc}	20,17 ± 1,94 ^a	74,33 ± 15,81 ^b	325,54 ± 97,16 ^b
CS + OL	88,50 ± 14,96 ^{abc}	48,50 ± 15,24 ^{ab}	20,50 ± 3,73 ^a	96,17 ± 35,07 ^{bc}	516,57 ± 01,44 ^b
G	85,83 ± 7,98 ^{abc}	35,33 ± 7,89 ^{ab}	25,50 ± 3,39 ^a	124,00 ± 33,66 ^{ab}	35,50 ± 17,75 ^a
G + OL	81,50 ± 14,15 ^{abc}	31,83 ± 5,42 ^{ab}	24,17 ± 3,43 ^a	115,67 ± 63,21 ^{ab}	36,39 ± 17,41 ^a
G + SL	73,17 ± 9,17 ^{bc}	29,33 ± 9,28 ^{ac}	21,83 ± 5,95 ^a	118,67 ± 36,37 ^{ab}	34,32 ± 13,32 ^a
CS + OL+ G	95,33 ± 18,10 ^{ab}	54,67 ± 16,10 ^b	21,17 ± 3,60 ^a	97,33 ± 36,41 ^{bc}	342,61 ± 32,50 ^b
CS +SL+ G	71,83 ± 11,36 ^c	29,33 ± 6,59 ^{ac}	22,50 ± 5,28 ^a	98,83 ± 18,94 ^b	300,00 ± 68,36 ^b
Valor de p	0.0048	0.0002	0.0284	0.0001	0,0001

Legenda: Grupo C: grupo controle recebendo dieta AIN-93G; Grupo SL: grupo recebendo dieta AIN- 93G suplementada com semente de linhaça em 50% sobre o valor de óleo de soja; Grupo OL: grupo recebendo dieta AIN- 93G suplementada em 50% óleo de linhaça sobre o valor de óleo de soja; Grupo CS: grupo recebendo dieta AIN- 93G suplementada em 1 % de colesterol sintético; Grupo CS+SL: grupo recebendo dieta AIN- 93G suplementada com 1% de colesterol sintético e semente de linhaça em 50% sobre o valor de óleo de soja; Grupo CS+OL: grupo recebendo dieta AIN- 93G suplementada em 50% óleo de linhaça e 1% em colesterol sintético; Grupo G: grupo recebendo dieta AIN- 93G suplementada em 50% do teor de açúcar em goma arábica; Grupo G+OL: recebendo dieta AIN-93G suplementada com 50% de óleo de linhaça sobre o valor de óleo de soja e goma arábica a 5% sobre o valor da dieta; Grupo G+SL: grupo recebendo dieta AIN-93G suplementada com semente de linhaça em 50% sobre o valor de óleo de soja e goma arábica a 5% sobre o valor da dieta; Grupo CS+OL+G: grupo recebendo dieta AIN- 93G suplementada em 50% óleo de linhaça e 1% em colesterol sintético e goma arábica; Grupo CS+SL+G: grupo recebendo dieta AIN- 93G suplementada em 50% semente de linhaça e 1% em colesterol sintético e goma arábica. [C] Fezes: Concentração de colesterol nas fezes.

Análise estatística: letras diferentes nas colunas permitem observar diferenças significativas, com $p < 0,05$, entre os grupos na 1^a, 2^a, 3^a ou 4^a semana.

DISCUSSÃO

Estudos relacionados ao consumo de alimentos fontes de ácidos graxos essenciais (ω -6 e ω -3), fibras alimentares e seus efeitos metabólicos e fisiológicos sobre o organismo humano, têm sido crescentes nas últimas décadas. Acredita-se que estes alimentos, como a semente de linhaça, possuam propriedades como a redução da concentração de lipídios sanguíneos, prevenção da aterosclerose, e conseqüente redução de doenças cardíacas, diabetes, infecções intestinais bem como de alguns tipos de cânceres.^{5,8,23} Da mesma forma, como demonstrado na Tabela 2, foram encontrados valores de massa de fígado semelhantes entre o Grupo controle e os Grupos semente de linhaça (SL), goma arábica (G) e goma arábica com semente de linhaça (G+SL), indicando deposição hepática menor de colesterol. Este dado pode ser comparado ainda aos valores de concentração de colesterol obtidos pela quantificação enzimática do material hepático onde não foi encontrada variação significativa entre estes grupos.

A análise referente à concentração de colesterol hepático mostrou que nos Grupos normocolesterolemicos, assim como nos Grupos induzidos à hipercolesterolemia, os que receberam dieta à base de G+OL apresentaram as menores concentrações de colesterol no fígado. Sugere-se,

desse modo, que a associação das fibras presentes na goma arábica com os ácidos graxos poliinsaturados ω -3 encontrados no óleo de linhaça apresentaram efeito benéfico sobre o metabolismo hepático.

Segundo Fietz & Salgado,¹⁵ diversos mecanismos foram propostos para explicar a ação das fibras solúveis formadoras de géis viscosos sobre o metabolismo lipídico. A ação hipolipemiante, incluindo mecanismos que reduzem a absorção de colesterol se deve, entre outras razões, por não sofrer digestão pelas enzimas digestivas, passando íntegras pelo intestino, no qual se ligam ao colesterol e aos ácidos biliares aumentando a viscosidade do meio aquoso, impedindo a sua absorção e transporte de colesterol.^{11,32}

Não foi observada deposição hepática de colesterol no grupo alimentado com goma arábica, contrapondo-se aos dados de Al-Othman et al.¹ que observaram deposição hepática em estudo com ratos *Wistar* durante 5 semanas, com adição dietética de 7,5% de celulose ou goma arábica na presença ou na ausência de colesterol sintético à 1%.

Os ácidos graxos poliinsaturados ω -3 possuem ação hipocolesterolemizante, reduzindo as concentrações de LDL colesterol. Alguns investigadores sugerem que o ácido graxo promova a excreção do colesterol e de seus produtos por meio dos ácidos biliares, outros, acreditam que causam redistribuição do colesterol entre o sangue e os tecidos.^{8,11,38}

Constatou-se no presente estudo a ocorrência dos mecanismos supracitados, considerando que o Grupo OL, entre os grupos normocolesterolêmicos, e o Grupo CS+OL, entre os hipercolesterolêmicos, apresentaram as maiores concentrações de colesterol no fígado e os maiores valores de excreção fecal (Tabela 4). Comparando-se os valores obtidos nestes grupos com os valores do Grupo CS+SL, observa-se o papel do óleo isolado da semente, uma vez que, a semente de linhaça não foi tão eficiente na excreção do colesterol. Cabe ressaltar que as concentrações sanguíneas de colesterol nesses Grupos também se encontraram elevadas, corroborando com os estudos de Rique et al.³⁸ e Carvalho,⁸ sugerindo que as três rotas metabólicas estejam sendo utilizadas, armazenando colesterol no fígado e no sangue e excretando nas fezes.

Ao investigarem os efeitos de dietas ricas em ácidos graxos ω -3 e ω -6 no metabolismo hepático de ratos, durante 8 semanas, Gaiva et al.,¹⁸ concluíram que o enriquecimento da dieta com ácidos graxos ω -3 produz hipolipidemia, porém pode causar mudanças no metabolismo hepático em favor da deposição lipídica, o que não foi observado nos nossos experimentos considerando o grupo óleo de linhaça (OL) principalmente.

Apesar das propriedades benéficas à saúde presentes no óleo de linhaça, no atual estudo observou-se maior acúmulo de colesterol hepático nos Grupos suplementados com OL entre os Grupos que receberam dieta normocolesterolêmica, e no Grupo CS+OL quando comparado aos Grupos induzidos à hipercolesterolemia. A diminuição da colesterolemia foi intensificada com a associação da goma arábica, fonte de fibras, e o óleo de linhaça, fonte de ω -3, na dieta dos animais experimentais.

O Grupo G+SL na presença de dieta normocolesterolêmica e CS+SL+G dentre os Grupos hipercolesterolêmicos, mostraram-se com o segundo melhor perfil de depósito de colesterol hepático, seguido pelos Grupos SL e CS+SL, respectivamente. É fundamental observar que a goma em associação com a semente de linhaça exibiu resultado bastante significativo.

Ressalta-se deste modo, que os melhores resultados obtidos foram do óleo ou semente de linhaça em associação com a goma arábica e não desta oferecida de forma isolada.

Bhathena⁶ avaliou o efeito da semente de linhaça sobre o metabolismo hepático de ratos machos e concluiu que as dietas com 20% de semente sobre o valor da energia total da dieta, apresentaram menor capacidade de deposição de gordura sobre o fígado.

A presença de fibra na semente de linhaça foi estudada quando se comparou o Grupo goma arábica/óleo de linhaça com os demais grupos. Este grupo (G+OL) mimetiza a semente de linhaça, no sentido de avaliar a influência das fibras. Contudo a goma arábica constitui-se de arabinogalactanas,⁴¹ enquanto que a semente de linhaça contém além deste polissacarídeo, a lignina, tipo de fibra insolúvel, e que pode ser responsável pelo efeito na diminuição das concentrações lipídicas.²⁸ A lignina tem mostrado ter efeito an-

tioxidante e hipolipidêmico e seus metabólitos no organismo podem ligar-se aos ácidos biliares e outros compostos inorgânicos, como o colesterol, retardando ou diminuindo a absorção desses.³⁰ As fibras insolúveis possuem também como características aumentar a sensação de saciedade e acelerar o trânsito intestinal, facilitando o peristaltismo.⁴²

Destaca-se no presente estudo uma resposta semelhante ao tratamento com SL e G no fígado entre os Grupos com dieta normocolesterolêmica e hipercolesterolemia, ressaltando que os Grupos hipercolesterolêmicos apresentam maior depósito de colesterol hepático.

Para induzir à hipercolesterolemia em ratos, adicionou-se à dieta, 1% de colesterol sintético, porém a metodologia aplicada não promoveu elevação das concentrações de colesterol em percentuais significativos, possivelmente devido ao aumento na conversão de colesterol em ácidos biliares no fígado, sendo esses animais bastante resistentes em desenvolver hipercolesterolemia.²⁷

Em um estudo feito por Costa,¹⁰ com ratos recebendo a adição dietética de 1% de colesterol sintético durante 28 dias, observou-se elevação das concentrações de colesterol sérico, produzindo hipercolesterolemia moderada (49%), sem, contudo, promover grandes acúmulos de colesterol no fígado. No entanto, Rosa et al.³⁹ seguindo o mesmo protocolo, com adição de 1% de colesterol sintético e com 0,1% de ácido cólico, por 28 dias, constataram que os animais que consumiram esta dieta apresentaram aumento similar (58%) nas concentrações de colesterol total, onde os autores ressaltam a grande deposição de colesterol no tecido hepático.

Poucos estudos referentes às concentrações de colesterol hepático são encontrados na literatura científica, dificultando uma compreensão mais ampla do envolvimento dos ácidos graxos poliinsaturados ω -3, fibra insolúvel (lignina) e fibra solúvel no metabolismo lipídico em animais experimentais e humanos.

Em relação às concentrações séricas de colesterol, observou-se que os Grupos que receberam dieta à base de goma arábica associada à semente de linhaça mesmo na presença de dieta hipercolesterolemia (Grupos SL+G e CS+SL+G), exibiram os menores valores de colesterol total. Tais resultados sugerem efeito positivo da associação das fibras presentes na goma e na semente de linhaça, além do ω -3 encontrado na semente.

Jensen et al.²⁵ ao compararem os efeitos no perfil lipídico de humanos de uma mistura de média viscosidade de fibras alimentares solúveis com igual quantidade de goma arábica (15g de fibra solúvel/dia), porém, com baixa viscosidade, durante 4 semanas, observaram que a goma arábica não promoveu efeitos na diminuição de colesterol total.

Em relação às variáveis LDL e HDL colesterol, verificou-se que os Grupos SL e OL mostraram os melhores perfis, apresentando as menores concentrações séricas de LDL colesterol e as maiores para HDL colesterol.

Considera-se que quanto menor a razão LDL colesterol/HDL colesterol, menor é a probabilidade de agrega-

ção plaquetária nas artérias, menor o risco de doenças coronarianas e maiores são os efeitos benéficos ao organismo.²

Ratnayake et al.³⁶ investigaram ratos alimentados com 0, 10, 20 ou 40% de semente de linhaça adicionada à dieta, por 90 dias, estes autores mostraram que a suplementação com 20% de semente de linhaça, como também na maior dose (40%) diminuiu o colesterol total, LDL colesterol e apresentou menor média para relação de LDL colesterol/HDL colesterol.

Entretanto, na presente pesquisa utilizou-se 12,6% de semente de linhaça sobre o valor calórico total da dieta, quantidade inferior a utilizada no estudo de Ratnayake et al.,³⁶ e obteve-se resultados positivos em relações as variáveis LDL/HDL colesterol.

Em seu estudo com coelhos hipercolesterolêmicos, Prasad³³ constatou que a suplementação de 7,5g/kg/dia de semente de linhaça, durante 60 dias promoveu redução no colesterol total e fração LDL colesterol e preveniu a aterosclerose hipercolesterolemia. Cunanne et al.¹¹ verificando o consumo de 50 g/dia de semente de linhaça, durante 4 semanas, em humanos jovens saudáveis, observaram uma pequena, mas significativa redução do LDL colesterol. Este efeito também foi observado³⁵ avaliando os efeitos da suplementação dietética de um constituinte isolado da lignana da linhaça, o secoisolariciresinol diglucosídeo (SDG) (17 mg/kg/dia), em coelhos, observou que os grupos hipercolesterolêmicos alimentados com esse componente apresentaram redução do colesterol total e LDL colesterol.

Os efeitos do óleo de linhaça na aterosclerose foram avaliados,²⁷ com adição de 5% à dieta regular em coelhos recebendo dieta rica em colesterol (0,5% de colesterol dietético), durante 8 semanas. Valores médios para as concentrações séricas de HDL colesterol do grupo óleo, concordando com o resultado encontrado no atual estudo com ratos, no qual o Grupo CS+OL exibiu as menores concentrações de HDL colesterol. Contudo, o óleo de linhaça quando administrado sozinho não mostrou o mesmo efeito e aumentou os valores médios de HDL colesterol.

O HDL colesterol atua removendo o colesterol arterial e/ou levando o colesterol sérico para o fígado antes que ele seja depositado formando placas, reduzindo assim o risco de doenças cardiovasculares.²⁰

De acordo com o presente estudo, sugere-se que a suplementação dietética de semente de linhaça melhora o perfil das relações entre colesterol total e frações, porém quando administrada junto à dieta hipercolesterolemia a semente não confere tal efeito. Entretanto, vale ressaltar que essa redução de risco para doenças cardiovasculares é observada também quando é associada à semente de linhaça com a goma arábica na presença ou na ausência de dieta rica em colesterol.

O grupo tratado com o óleo de linhaça associado à goma na presença de dieta hipercolesterolemia (Grupo CS+OL+G) apresentou maior concentração sérica de colesterol total e LDL colesterol, assim como pior perfil lipídico quanto são analisadas as razões entre colesterol total, LDL e HDL colesterol. Contudo, para Prasad³⁴ o óleo da semente

de linhaça apresenta potencial em diminuir as concentrações séricas de colesterol total em ratos. Estes efeitos são menores que os encontrados na semente de linhaça. Talvez isto ocorra devido à grande exposição de ácidos graxos poliinsaturados presentes no óleo, os quais são muito susceptíveis a oxidação, como também a ausência das fibras no óleo e que estão presentes na semente de linhaça.

A goma arábica pareceu não influenciar os resultados obtidos quanto às concentrações séricas de HDL colesterol, entretanto quando associada ao óleo ou semente de linhaça na presença de uma dieta hipercolesterolemia, apresentou valores similares aos grupos normocolesterolêmicos recebendo os mesmos tratamentos.

No estudo de Machado et al.²⁸ verificou-se que ratos são bastante resistentes em desenvolver hipercolesterolemia em razão possivelmente, do aumento na conversão de colesterol em ácidos biliares no fígado, resistência esta, confirmada pelos resultados, indicando um aumento de 15,31% ($p>0,05$) no colesterol total e de 7,19% ($p>0,05$) na fração LDL colesterol de ratos alimentados com a dieta Controle, na qual se adicionou colesterol cristalino (1g/100g de dieta) e ácido cólico (0,1g/100g de dieta), quando comparados com a Padrão (livre de colesterol), indicando que a adição de 1% de colesterol cristalino + 0,1% de ácido cólico à dieta foi ineficaz na elevação das concentrações de colesterol sanguíneo dos animais.

Outro fator que pode ter influenciado a não indução da hipercolesterolemia nos animais do presente estudo, foi que os mesmos podem ser considerados muito jovens para produzir algum efeito no perfil lipídico.

Em relação às concentrações séricas de triacilgliceróis, todos os grupos que receberam adição de colesterol na dieta (CS, CS+OL, CS+SL, CS+OL+G+ e CS+SL+G) apresentaram menores valores, diferindo estatisticamente do Grupo C.

Brown et al.⁷ observaram no fígado de ratos capacidade diminuída de transportar triacilgliceróis para fora do hepatócito, depois do consumo de dieta rica em óleo de peixe, associado a síntese e secreção diminuída de VLDL apolipoproteína B-48, sugerindo que ocorra acúmulo de triacilgliceróis no fígado.

Nos estudos de Stuglin & Prasad,⁴⁰ investigando os efeitos da suplementação dietética com 32,7g diárias de semente de linhaça em humanos, durante 4 semanas, e de Lee & Prasad,²⁷ com o óleo de linhaça, citado anteriormente, estes autores verificaram que as concentrações séricas de triacilgliceróis aumentaram após o tratamento com estes componentes. Armajandi et al.³ verificaram o efeito da suplementação de 32 g/dia de semente de linhaça e de girassol no perfil lipídico de mulheres na pós-menopausa, durante dois períodos de 6 semanas e não observaram alterações nas concentrações séricas de triacilgliceróis com adição dietética de semente de linhaça.

Jensen et al.²⁵ comparando os efeitos da goma arábica, com baixa viscosidade, com uma mistura de fibras alimentares solúveis e viscosas no perfil lipídico de humanos, em estudo mencionado anteriormente, não encontraram

alterações nas concentrações séricas de triacilgliceróis nos humanos tratados com a goma arábica

No trabalho em questão sugere-se que os Grupos OL, SL e G na presença de dieta hipercolesterolemiantes reduziram as concentrações séricas de triacilgliceróis, sugerindo possível acúmulo hepático, corroborando com os dados de Brown et al.⁷

Ao analisar a concentração de colesterol excretada nas fezes dos animais, verificou-se que todos os grupos alimentados com colesterol sintético apresentaram valores elevados quando comparados aos grupos normocolesterolemicos, confirmando a dificuldade de induzir a hipercolesterolemia em ratos.

A fibra insolúvel presente na semente de linhaça, acelera o trânsito intestinal, contudo a fibra solúvel é que tem grande capacidade de impedir a absorção de colesterol e aumentar a excreção do mesmo nas fezes, sendo esta fração não encontrada em proporções significativas na semente de linhaça.^{11,30}

Acredita-se que o ω -3 presente no óleo de linhaça promova a excreção do colesterol e de seus produtos, entretanto os mecanismos fisiológicos para que isso ocorra ainda não foram confirmados.¹¹

No presente trabalho o óleo de linhaça quando administrado juntamente com colesterol sintético promoveu maior excreção de colesterol fecal dentre os grupos experimentais, porém os dados das concentrações hepáticas conduziram ao acúmulo de colesterol no fígado. Deste modo, sugere-se a necessidade de estudos adicionais a fim de elucidar possíveis rotas metabólicas do colesterol e sua relação com componentes dietéticos ricos em ácidos graxos essenciais e fibras.

CONCLUSÕES

Os resultados do estudo indicam que com a metodologia adotada não foi possível induzir acúmulo de colesterol hepático e sérico com a adição de colesterol na dieta, tendo em vista a maior excreção fecal de colesterol observada no modelo experimental utilizado. Em contrapartida quando o óleo de linhaça foi adicionado verificou-se elevação significativa das concentrações hepáticas de colesterol. A goma arábica reduziu o acúmulo de colesterol no fígado em ratos com dieta rica em colesterol associada ao óleo de linhaça. A semente de linhaça reduziu os valores de colesterol hepático em relação ao Grupo Controle e quando associada à goma arábica reduziu as concentrações séricas de colesterol total em animais com dieta normocolesterolemiantes hipercolesterolemiantes.

Deste modo, conclui-se que a goma arábica associada à semente ou ao óleo de linhaça pode trazer benefícios para o metabolismo lipídico.

Em adição, sugere-se o desenvolvimento de novos estudos com animais adultos, maior duração de experimento para indução da hipercolesterolemia em ratos, ou a utilização de outros modelos animais que tendem a responder melhor a adição de colesterol na dieta e a inclusão de um

grupo com maiores percentuais de semente e óleo de linhaça, para a verificação de efeitos benéficos adicionais destes nutrientes ao organismo.

MELO, S. S ; SILVEIRA, B. M.; STEFANES, F.B.; TOMIO, T. A.; TISCHER, C. Effect of gum arabic in hepatic, serum and fecal cholesterol concentrations in rats fed with flaxseed, flaxseed oil and synthetic cholesterol. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 19, n. 2, p. 133-144, abr./jun. 2008.

■ABSTRACT: Flaxseed, which is rich in polyunsaturated fatty acids, has been proposed for reducing the risk of cardiovascular disease. This work sought to evaluate the risks of diets containing flaxseed and oil by replacing up to 50% in the levels of soybean oil from the original diet, whether or not in association with arabic gum (5%), on the hepatic cholesterol concentrations of 65 rats distributed in 11 groups, induced, or not, to hypercholesterolemia with addition of 1% synthetic cholesterol. The animals remained in a controlled environment for the 28 days of the experiment, where they received their respective diets, and fecal secretion was recorded weekly. The methodology adopted did not enable an accumulation of hepatic and blood serum cholesterol to be induced, except when flaxseed oil was added. The gum arabic, when associated with the flaxseed oil, had the effect of reducing hepatic cholesterol concentrations (-68.39%), in animals induced to hypercholesterolemia. The flaxseed associated with arabic gum in the presence or absence of high cholesterol diet decreased serum cholesterol concentrations in 25.56% and 24.17%, respectively. It is therefore concluded that the addition of gum arabic to the diet, associated with flaxseed, can bring benefits for lipid metabolism.

■KEYWORDS: Flax; gum arabic; cholesterol; liver.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AL-OTHMAN, A. A. et al. Plasma total, lipoprotein cholesterol, organs cholesterol and growth performance in rats fed dietary gum arabic. **Food Chem.** v. 62, n. 1, p. 69-72, 1998.
2. ANJOS, D. F. C. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. **J. Vasc. Br.**, v. 3, n.2, p. 145-154, jun. 2004.
3. ARJMANDI, B. H. et al. Whole flaxseed consumption lowers serum LDL-cholesterol and LP (a) concentrations in post menopausal women. **Nutr. Res.**, v. 18, n. 7, p.1203-1214, jul.1998.
4. BAXTER, Y. C. Claim de saúde para as fibras alimentares solúveis frente as dislipidemias. **Rev. Nutr. Pauta**, São Paulo, v. 12, n. 69, p. 48, nov. 2004.

5. BAXTER, Y. C. Fibras alimentares. **Rev. Nutr. Pauta**, São Paulo, v. 12, n. 66, p. 55, maio/jun. 2004.
6. BHATENA, S. J. et al. Dietary flaxseed meal is more protective than soy protein concentrate against hypertriglyceridemia and steatosis of the liver in an animal model of obesity. **J. Am. Coll. Nutr.**, v. 22, n. 2, p. 157-164, 2003.
7. BROWN, A. M.; BAKER, P.W.; GIBBONS, G. F. Changes in fatty acid metabolism in rat hepatocytes in response to dietary n-3 fatty acids are associated with changes in the intracellular metabolism and secretion of apoprotein B-48. **J. Lipid. Res.**, v. 38, n. 1, p. 469-481, Mar. 1997.
8. CARVALHO, P.O. et al. Aplicação de lípases microbianas na obtenção de concentrados de ácidos graxos poliinsaturados. **Quím. Nova.**, São Paulo, v. 26, n. 1, p.75-80, jan. 2003.
9. CINTRA, D. E. C. et al. Lipid profile of rats fed high-fat diets based on flaxseed, peanut, trout, or chicken skin. **Nutrition**, Los Angeles, v. 22, n. 2, p. 197-205, 2006.
10. COSTA, N. M. B.; **Investigation into cholesterol lowering property of backed beans (*Phaseolus vulgaris*)**. 1992. f.200. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Nutrição Humana, University of Reading, 1992.
11. COSTA, R. P.; MARTINEZ, T. L. R. Terapia nutricional na hipercolesterolemia. **Rev. Soc. Cardiol. Estado de São Paulo**, São Paulo, v. 7, n. 4, p. 475-484, jul./ago. 1997.
12. CUNNANE, S. C. et al. Nutritional attributes of traditional flaxseed in healthy young adults. **Am. J. Clin. Nutr.**, v. 61, n. 1, p. 62-68, Jan.1995.
13. DAVIDSON, M. H. et al. A low-viscosity soluble-fiber fruit juice supplement fails to lower cholesterol in hypercholesterolemic men and women. **J. Nutr.**, v. 128, n. 11, p. 1927-1932, nov. 1998.
14. FETT, C. A. et al. Suplementação de ácidos graxos ômega-3 ou triglicerídeos de cadeia média para indivíduos em treinamento de força. **Motriz**, v. 7, n. 2, p. 83-89, jul/dez. 2001.
15. FIETZ, V. R.; SALGADO, J. M. Efeito da pectina e da celulose nos níveis séricos de colesterol e triglicerídeos em ratos hiperlipidêmicos. **Ciênc. Tecnol. Alim.**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 318- 321, set./dez. 1999.
16. FISBERG, R. M. et al. Índice de qualidade da dieta: avaliação da adaptação e aplicabilidade. **Rev. Nutr.**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 301-318, set. 2004.
17. FRIEDEWALD, W. T.; LEVY, R. I.; FREDRICKSON, D. S. Estimation of the concentration of low-density lipoproteincholesterolin plasma,without useof the preparativeultracentrifuge. **Clin. Chem.**, v. 18, n. 6, p. 499-502, 1972.
18. GAÍVA, M. H. et al. Diets rich in polynsaturated fatty acids: effect on hepatic metabolism in rats. **Nutrition**, Los Angeles, v. 19, n.2, p.144-149, 2003.
19. GEE, J. M.; BLACKBURN, N. A.; JOHNSON, I. T.The influence of guar gum on intestinal cholesterol transport in the rat. **Br. J. Nutr.**, v. 50, n. 2, p. 215-224, Sept. 2000.
20. GIANNINI, S. D. Fatores de risco independentes para doença aterosclerótica habitualmente não determinados na prática clínica: lipoproteína A, homocisteína e fibrinogênio. **BG Cultural**, São Paulo, p. 85-92, 1998.
21. GOLDIM, J.R. **Pesquisa em saúde: leis no diretrizes**. 3.ed. Porto Alegre: HCPA, 1997. 60 p.
22. GRAPH PAD INSTAT SOFTWARE. **Software versão 3.0, Windows**. San Diego, California,1998.
23. HASLER, C. M. Pre- and probiotics: where are we today? Introduction. **Br. J. Nutr.**, v. 80, n. 4, p. 195, Oct. 1998.
24. JENKINS, D. J. A. et al. Dietary fibers, fiber analogue and glucose tolerance importance of viscosity. **Br. Med. J.**, v. 1, n. 6124, p. 1392-1394, May 1978.
25. JENSEN, C. D. et al. The effect of acacia gum and a water-soluble dietary fiber mixure on blood lipids in humans. **J. Am. Coll. Nutr.**, v. 12, n. 2, p. 147-154, Apr. 1993.
26. LAMARDO, A.; GALVÃO, M. S. Óleos e gorduras e sua relação com doenças cardiovasculares. **Rev. Qual. Alim. Nutr.**, n. 9, p. 18, 2001.
27. LEE, P.; PRASAD, K. Effects of flaxseed oil on serum lipidis and atherosclerosis in hypercholesterolemic rabbits. **J. Cardiovasc Pharmacol.**, v.8, n.3, p. 227-235, 2003.
28. LEE, S. C.; PROSKY, L. International survey on dietary fiber: definition, analysis, and reference materials. **J. Assoc. Off. Anal. Chem.**, v.78, p.22-36, 1995.
29. MACHADO, D. F.; FERREIRA, C. L. L.F.; COSTA, N. M. B. Evaluation of the probiotic effect in the modulation of the levels of seric cholesterol and in the weight of the liver of mices fed with rich diet in cholesterol and colic acid. **Ciênc. Tecnol. Alim.**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 270-275, May/Ago. 2003.
30. MAFFEI, H. V. L. Chronic functional constipation: which supplementary fiber to choose? **J. Pediatr.**, Rio de Janeiro, v. 80, n. 3, p.167-168, May/June 2004.
31. MAZALLI, M. R.; SALDANHA, T.; BRAGAGNOLO, N. Determinação de colesterol em ovos: comparação entre um método enzimático e um método por cromatografia líquida de alta eficiência. **Rev. Inst. Adolfo Lutz.**, v. 62, n. 1, p. 49-54, 2003.
32. MCLEAN-ROSS, A. H. et al. A study of the effects of dietary gum arabic in humans. **Am. J. Clin. Nutr.**, v. 37, n. 3, p. 368-375, 1983.

33. PRASAD, K. Dietary flax seed in prevention of hypercholesterolemic atherosclerosis. **Atherosclerosis**, Saskatoon, v. 132, n.1, p.69-76, jul. 1997.
34. PRASAD K. Flaxseed: a source of hypocholesterolemic and antiatherogenic agents. **Drugs News Perspect.**, v. 13, n. 2, p.99-104, mar. 2000.
35. PRASAD K. Hypocholesterolemic and antiatherosclerotic effect of flax lignan complex isolated from flaxseed. **Atherosclerosis**, Amsterdam, v. 179, n. 2, p. 269- 275, jan. 2005.
36. RATNAYAKE, W. M. N. et al. Chemical and nutritional studies of flaxseed (variety Linnot) in rats. **J. Nutr. Biochem.**, v.3, n.5, p. 232-241, 1992.
37. REEVES, P.G.; NIELSEN, H.F.; FAHEY, G.C. AIN-93 purified diets for laboratory rodents: final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing Committee on the Reformulation of the AIN-76A Rodent Diet. **J. Nutr.**, Bethesda, v.123, p. 1939-1951, nov. 1993.
38. RIQUE, A. B. R.; SOARES, E. A.; MEIRELLES, C. M. Nutrição e exercício na prevenção e controle das doenças cardiovasculares. **Rev. Brás. Méd. Esporte**, Niterói, v. 8, n. 6, p. 244-254, dez. 2002.
39. ROSA, C. O. B. et al. Efeito do feijão preto (*Phaseolous vulgaris*) sem casca na redução do colesterol sanguíneo de ratos hipercolesterolêmicos. **Arch. Latinoam. Nutr.**, v. 48, p. 299-305, 1998.
40. STUGLIN, C; PRASAD, K. Effect of flaxseed consumption on blood pressure, serum lipids, hematopoietic system and liver and kidney enzymes in healthy humans. **J. Cardiovasc. Pharmacol.**, v. 10, n. 1, p. 23-27, 2005.
41. TISCHER, C. A.; GORIN, P. A. J.; IACOMINI, M.. The free reducing oligosaccharides of gum arabic: aids for structural assignments in the polysaccharide. **Carbohydr. Polymers**, v. 47, p. 151-158, 2002.
42. VILA, A L. V. Tratamento não-farmacológico da síndrome metabólica: abordagem do nutricionista. **Rev. Soc. Cardiol. Estado São Paulo**, São Paulo, v. 14, n. 4, p. 652-658, jul/ago. 2001.
43. VISENTAINER, J. V. et al. Efeito do tempo de fornecimento de ração suplementada sobre a composição físico-química e de ácidos graxos em cabeças de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciênc. Tecnol. Alim.**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 478-484, dez. 2003.