

Silva, RCF, Martins, ACS, Xavier, DRS, Sousa, DFS, Campos, MA, Melo, MFFT & Soares, JKB (2020). Consumption of safflower oil (*Carthamus tinctorius* L.) reduces body fat and triglyceride in exercised wistar rats. *Research, Society and Development*, 9(7):1-15. e636974329.

Consumo de óleo de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) reduz gorduras corporais e triglicerídeos em ratos wistar exercitados

Consumption of safflower oil (*Carthamus tinctorius* L.) reduces body fat and triglyceride in exercised wistar rats

El consumo de aceite de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) reduce las grasas corporales y los triglicéridos en las ratas de wistar ejercitadas

Recebido: 07/05/2020 | Revisado: 18/05/2020 | Aceito: 22/05/2020 | Publicado: 29/05/2020

Roberta Cristina de França Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6372-7181>

Universidade Federal de Campina Grande

E-mail: robertasaron@gmail.com

Ana Cristina Silveira Martins

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8634-1580>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: nutricionistaanamartins@hotmail.com

David Ryan Santos Xavier

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1714-7020>

Universidade Federal de Campina Grande

E-mail: david_ryangba@hotmail.com

Dayana Flávia Silva Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1737-2359>

Universidade Federal de Campina Grande

E-mail: flaviasousaufcg@outlook.com

Magnólia de Araújo Campos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9987-3116>

Universidade Federal de Campina Grande

E-mail: profmagnoliaufcg@gmail.com

Marília Ferreira Frazão Tavares de Melo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9206-966X>

Universidade Federal de Campina Grande

E-mail: mariliafrazao@hotmail.com

Juliana Késsia Barbosa Soares

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4234-1490>

Universidade Federal de Campina Grande

E-mail: julianakessia2@gmail.com

Resumo

Objetivo: Avaliar os efeitos da suplementação com o óleo de cártamo sobre a composição corporal, e bioquímica de ratos exercitados. **Métodos:** Quarenta ratos machos foram divididos em quatro grupos: controle sedentário, controle exercitado, óleo de cártamo sedentário e óleo de cártamo exercitado. O exercício realizado foi de corrida em esteira durante quatro semanas. Foi aferido a murinometria dos animais, o consumo, proteína, gordura da carcaça, gordura hepática, gordura abdominal e parâmetros bioquímicos. As análises estatísticas foram feitas utilizando o teste Anova seguido de Tukey, com $p \leq 0,05$. **Resultados:** O grupo óleo de cártamo exercitado obteve respostas positivas com relação aos parâmetros avaliados, como redução no consumo, peso, índice de massa corporal, gordura abdominal e total. O grupo óleo de cártamo sedentário obteve maior percentual de gordura hepática ($P < 0,05$) e um aumento de colesterol total ($P < 0,05$). Todos os grupos apresentaram redução nos níveis de triglicérides plasmáticos quando comparados ao grupo controle ($P < 0,05$). **Conclusão:** O consumo de óleo de cártamo induz resultados benéficos na composição corporal associado ao treinamento físico. Quando se consome o óleo de cártamo sem praticar exercício físico, pode desencadear aumento no colesterol sérico e fígado gorduroso.

Palavras-chave: Exercício aeróbico; Lipídeos; Gordura hepática; Murinometria.

Abstract

Objective: To evaluate the effects of the safflower oil supplementation on the body composition and biochemistry parameters of exercised rats. **Methods:** Forty male rats were divided into four groups: sedentary control, exercised control, sedentary safflower oil and exercised safflower oil. The exercise performed for treadmill running for four weeks. It was measured the murinometry of the animals, consumption, protein, carcass fat, liver fat, abdominal fat and biochemical parameters. As statistical analyzes were done, use the Anova

test followed by Tukey, with $p < 0.05$. **Results:** The group of safflower oil exerted positive responses regarding the parameters, such as reduction of food consumption, body weight, body mass index, abdominal and total fat. The sedentary safflower oil group had a higher hepatic fat ($P < 0.05$) and an increase in total cholesterol ($P < 0.05$). All groups had a reduction in plasma triglyceride levels when compared to the control group ($P < 0.05$). **Conclusion:** The consumption of safflower oil induces beneficial results in body composition associated with physical training. When safflower oil is consumed without physical exercise, it can trigger an increase in serum cholesterol and fatty liver.

Palavras-chave: Aerobic exercise; Lipids; Liver fat; Murineometry.

Resumen

Objetivo: Evaluar los efectos de la suplementación con aceite de cártamo en la composición corporal y la bioquímica de ratas ejercitadas. **Métodos:** Cuarenta ratas macho se dividieron en cuatro grupos: control sedentario, control ejercido, aceite de cártamo sedentario y aceite de cártamo ejercido. El ejercicio realizado fue correr en una cinta durante cuatro semanas. Se midieron la murinometría animal, el consumo, la proteína, la grasa de la canal, la grasa del hígado, la grasa abdominal y los parámetros bioquímicos. Los análisis estadísticos se realizaron con la prueba de Anova seguida de Tukey, con $p < 0,05$. **Resultados:** El grupo de aceite de cártamo ejercido obtuvo respuestas positivas con respecto a los parámetros evaluados, tales como consumo reducido, peso, índice de masa corporal, grasa abdominal y total. El grupo de aceite de cártamo sedentario tenía un mayor porcentaje de grasa hepática ($P < 0.05$) y un aumento en el colesterol total ($P < 0.05$). Todos los grupos mostraron una reducción en los niveles de triglicéridos en plasma en comparación con el grupo control ($P < 0.05$). **Conclusión:** El consumo de aceite de cártamo induce resultados beneficiosos en la composición corporal asociada con el entrenamiento físico. Cuando el aceite de cártamo se consume sin ejercicio físico, puede provocar un aumento en el colesterol sérico y el hígado graso.

Palabras clave: Ejercicio aeróbico; Lípidos; Grasa del hígado; Murinometría.

1 Introdução

A busca por um corpo perfeito em curto prazo tem motivado os esportistas e atletas a utilizarem os suplementos nutricionais. Os suplementos alimentares são comercializados como recursos ergogênicos, e devido seu uso está em ascensão, são focos de pesquisas sobre

os seus princípios ativos e possíveis efeitos sobre o desempenho físico e composição corporal (Lopes, et al., 2017; Pencharz, et al., 2012).

A utilização de óleo de cártamo aumentou seu reconhecimento no que tange os benefícios nutricionais e de saúde, de forma que vem sendo utilizado como alimento funcional para fins terapêuticos e como suplemento dietético (Tso, et al., 2012).

O *Carthamus tinctorius*, conhecido popularmente por cártamo ou açafraão, possui sementes que são ricas em óleo de alto valor nutricional, ricas em ácidos graxos essenciais insaturados, além de ser fonte de antioxidantes como a vitamina E (Ekin, 2005), flavonoides e tocoferóis (Lee, et al., 2002; Vosoughkia, et al., 2011; Kanehira, et al., 2003). Além disso, esse óleo aumenta a termogênese, reduzindo a gordura corporal e aumentando a tonicidade muscular (Coelho, et al., 2011).

Efeitos como melhoria na fluidez do sanguínea, alterações benéficas no tratamento da diabetes (Asgary, et al., 2012), potente antioxidante com ação hepatoprotetora (Wu, et al., 2013; Gao, et al., 2015 e melhoria do perfil lipídico com aumento das concentrações de HDL-colesterol (lipoproteína de alta densidade) (Asp, et al., 2011) também foram observados em estudos utilizando o *Carthamus tinctorius*.

Baseado no exposto, objetivou-se com a presente pesquisa, avaliar os efeitos da suplementação com o óleo de cártamo associado ao treinamento físico sobre a composição corporal, parâmetros murinométricos, bioquímicos e gordura hepática em ratos *Wistar* adultos.

2. Metodologia

Perfil dos ácidos graxos do óleo de cártamo

A caracterização dos ácidos graxos presentes no extrato lipídico, obtido a partir do método de Folch, Less & Stanley (1957), foi realizada seguindo a metodologia descrita por Hartman & Lago (1973). A identificação e quantificação dos ésteres de ácidos graxos foi realizada em cromatografia gasosa (VARIAN 430-GC, Califórnia, USA).

Os ácidos graxos foram identificados por comparação dos tempos de retenção dos ésteres metílicos das amostras com padrões Supelco ME19-Kit (*Fatty Acid Methyl Esters C6-C22*). Os resultados dos ácidos graxos foram quantificados por normalização das áreas dos ésteres metílicos e expressos em percentual de área.

Animais e tratamento

Ratos machos da linhagem *Wistar*, provenientes do Laboratório de Nutrição Experimental (LANEX) da UFCG, com idade de 60 dias e peso aproximado de 250 ± 50 g. Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas individuais, em condições-padrão: temperatura de $22 \pm 1^\circ\text{C}$, com ciclo claro-escuro (12 h; início da fase clara às 6:00 h), umidade de $\pm 65\%$, recebendo ração e água *ad libitum*.

Os 40 animais foram divididos em quatro grupos (n=10 por grupo): controle sedentário (CON) – com água destilada sem exercício físico; grupo controle exercitado (CON-EX) – com água destilada e exercício físico; grupo óleo de cártamo sedentário (CART)– com óleo de cártamo sem exercício físico e grupo óleo de cártamo exercitado (CART-EX) – com óleo de cártamo e exercício físico.

Os grupos experimentais receberam o óleo de cártamo da marca Nature's® (CART e CART-EX), e os grupos controle receberam água destilada, ambos administrados diariamente durante o período de quatro semanas. Os animais receberam água destilada ou óleo de cártamo por meio de gavagem, na dose de 10 ml/kg de peso corporal.

O protocolo experimental teve como base as recomendações éticas do National Institute of Health (Bethesda, USA). O presente trabalho foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética para Uso Animal da UFCG sob o número de certificação 28/2014.

Protocolo experimental do exercício físico e análises

O treinamento aeróbico foi realizado em uma esteira motorizada para ratos, contendo 6 baias. Todos os animais exercitados passaram inicialmente, por um período de preparação e adaptação à esteira de 5 dias consecutivos antes do experimento.

Após o período de adaptação, o experimento foi iniciado com o tempo de 30 minutos na velocidade de 21 (m/min), onde a cada dia da primeira semana de experimento o tempo continuou a ser aumentado 5 minutos por dia até atingir o tempo de 45 minutos na velocidade de 21 (m/min) que foi mantido até o final da pesquisa (Tabela 1).

O exercício foi realizado 5 vezes por semana, no período de 4 semanas consecutivas, com a esteira na vertical, sem inclinação, sempre com início do experimento às 08:00h.

Tabela 1- Protocolo de corrida na esteira motorizada para ratos utilizado na pesquisa.

DIAS DE ADAPTAÇÃO	MINUTOS POR DIA	VELOCIDADE (M/MIN)
1	5	16
2	10	17
3	15	18
4	20	19
5	25	20

PRIMEIROS DIAS DE TREINAMENTO	MINUTOS POR DIA	VELOCIDADE (M/MIN)
1	30	21
2	35	21
3	40	21
4	45	21
5	45	21

SEMANAS DE TREINAMENTO	MINUTOS POR DIA	VELOCIDADE (M/MIN)
2	45	21
3	45	21
4	45	21

Fonte: Autores.

O peso corporal e o consumo de ração dos animais foram determinados semanalmente. Ao final do experimento, os animais foram pesados e anestesiados com cloridrato de quetamina e de xilazina (1 ml/kg de peso) e o sangue coletado por punção cardíaca. A circunferência torácica (CT), abdominal (CA) e o comprimento (do focinho até cóccix) foi aferido utilizando fita métrica (cm). Foi calculado: o Índice de Massa Corpórea (IMC): o peso corporal (g) e o comprimento² (cm²) (Novelli, et al., 2007). A gordura abdominal total dos animais foi retirada e pesada (Cinti, et al., 2005).

O sangue foi centrifugado a 3.000 rpm durante 10 minutos e armazenado congelado a -20°C para posterior análise.

Após eutanásia dos animais, as carcaças foram evisceradas, pesadas e trituradas. Em seguida, foram homogeneizadas e a gordura total foi determinada pelo método de Folch, Less & Stanley (1957), utilizando como solventes o clorofórmio e o metanol. O percentual da

proteína da carcaça foi determinado pelo método de Kjeldahl. Para determinação da gordura hepática foi determinada por Folch, Less & Stanley (1957).

As concentrações de glicose foram identificadas por meio do glicosímetro (Accu-Chek Performa®, Roche Diagnostics). A quantificação do colesterol total, HDL-c e triglicerídeos, foi realizada através da utilização dos kits enzimáticos da Labtest®, com leitura no espectrofotômetro. Para análise dos dados foi empregado o meio de análise de variância (ANOVA) seguido de Tukey, com nível de significância de 5% ($p < 0,05$) expressos em média e desvio-padrão. Para a realização das análises estatísticas foi utilizado o *software Sigma Stat 3.1*.

3. Resultados

Perfil de ácidos graxos do óleo de cártamo

O perfil de ácidos graxos do óleo de cártamo utilizado no presente estudo está apresentado na Tabela 2.

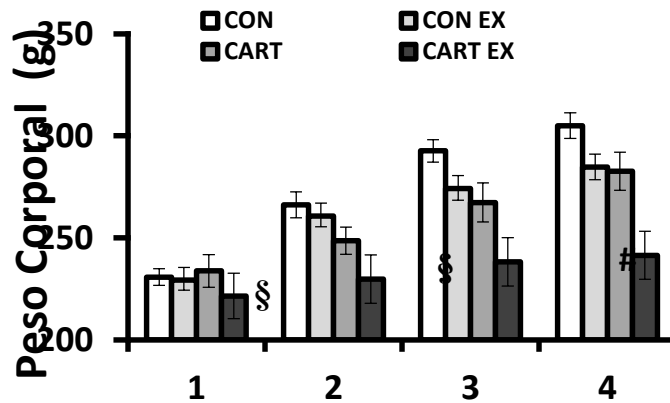
Tabela 2 – Perfil de ácidos graxos presente no óleo de soja e no óleo de cártamo.

Ácidos Graxos	Óleo de Soja (%)	Óleo de Cártamo (%)
C14:0	0,42	0,08
C15:0	-	0,02
C16:0	17,10	8,91
C17:0	0,34	-
C18:0	5,93	3,95
C18:1(n9)	28,53	29,06
C18:2(n6)	42,56	50,86
C18:3(n6)	1,89	0,25
C19:0	-	3,76
Outros	3,23	3,11
Saturados	23,79	16,5
Monoinsaturados	28,53	29,06
Poliinsaturados	44,45	51,33

Fonte: Autores.

Analisando o peso corporal dos animais, o grupo CART-EX apresentou menor peso na 2ª e 3ª semana, comparado com os grupos CON e COM-EX. Durante a quarta semana de experimento, o grupo CART-EX apresentou valores menores comparado com todos os grupos ($p < 0,05$) (Figura 1).

Figura 1 – Peso corporal de ratos tratados com óleo de cártamo exercitados ou não.



Teste estatístico One Way Anova seguido de Dunn. N=10 para todos os grupos. CON= controle sedentário; CON-EX= controle exercitado; CART= óleo de cártamo sedentário; CART-EX= óleo de cártamo exercitado. §=versus os grupos controle sedentário e exercitado. #=versus todos os grupos.
 Fonte: Autores.

Quanto ao consumo de ração, os animais do grupo CART e CART-EX diminuíram seu consumo de ração de forma significativa durante a 2^a, 3^a e 4^a semana quando comparado com os grupos controle ($p < 0,05$). Durante a 1^a semana, essa diferença ocorreu apenas com relação ao grupo CON-EX. (Tabela 3).

Tabela 3 – Valores do consumo de ração de ratos tratados com óleo de cártamo exercitados ou não.

GRUPOS	1° SEMANA	2° SEMANA	3° SEMANA	4° SEMANA
CON	123,0±26,00 ^a	146,4±14,75 ^a	147,8±13,13 ^a	147,3±19,63 ^a
CON-EX	167,8±18,47 ^a	150,8±15,14 ^b	156,1±15,37 ^b	149,7±16,82 ^b
CART	119,0±15,46 ^a	111,7±15,92 ^a	124,2±19,49 ^a	118,6±9,59 ^a
CART-EX	112,2±24,55 ^a	92,1±21,47 ^b	92,8±19,42 ^b	96,5±18,60 ^b

Teste estatístico One Way Anova seguido de Dunn. N=10 para todos os grupos. CON= controle sedentário; CON-EX= controle exercitado; CART= óleo de cártamo sedentário; CART-EX= óleo de cártamo exercitado. Letras diferentes significam diferenças estatística.
 Fonte: Autores.

Analisando os parâmetros murinométricos, o grupo CART-EX apresentou uma diminuição no IMC e na gordura abdominal total, comparado com os demais grupos. O mesmo grupo também apresentou circunferência abdominal reduzida comparado com o grupo CART ($p < 0,05$) (Tabela 4).

Quanto aos lipídios da carcaça, o grupo CART-EX, apresentou menor percentual de gordura quando comparado aos grupos sedentários CON e CART ($P < 0,05$), enquanto que na

proteína, os animais do grupo CART e CART-EX apresentaram um menor percentual, quando comparado aos grupos CON e CON-EX ($P < 0,05$) (Figura 3).

O grupo CART obteve valores maiores referentes a determinação do percentual de gordura hepática quando comparado com os demais grupos ($p < 0,05$), como podem ser observados na tabela 4.

Nos parâmetros bioquímicos avaliados, o grupo CART apresentou um aumento na concentração de colesterol total quando comparado com o CON ($P < 0,05$) e todos os grupos apresentaram redução dos triglicerídeos plasmáticos quando comparados ao CON ($p < 0,05$) (Tabela 4).

Tabela 4 – Parâmetros físicos e bioquímicos de ratos tratados com óleo de cártamo exercitados ou não.

PARÂMETROS FÍSICOS				
	CON	CON-EX	CART	CART-EX
IMC (g/cm^3)	0,55±0,04	0,56±0,03	0,55±0,04	0,49±0,05*
CA (cm)	14,20±0,92	14,65±1,33	15,36±0,94	13,86±0,75#
CT (cm)	12,48±0,53	13,55±1,01	13,10±0,52	12,11±1,17
GA (g)	6,72±1,97	6,23±1,18	6,54±2,36	2,40±0,95*
Gordura Carcaça	0,59±0,21	0,39±0,1	0,53±0,2	0,32±0,09*
Proteína Carcaça	26,9±2,59	28,19±4	20,03±2,52*	23,04±3,87*
Gordura Hepática	2,19±0,71	1,74±0,79	3,63±0,66*	1,99±0,29
PARÂMETROS BIOQUÍMICOS				
Colesterol Total	57,5±57,5	63,3±8,34	78,3±13,5*	64,7±14,1
Triglicerídeos	71,21±3,2	42,51±8,3*	53,14±13,3*	49,25±11,6*
HDL-colesterol	436±9,5	43,1±8,6	53,14±13,4	49,25±11,7
Glicose	163,1±25,4	179±25,01	163,5±20,8	150,8±35,2

IMC: Índice de massa corporal; CA= Circunferência abdominal; CT= Circunferência torácica; GA= Gordura abdominal; HDL= high density lipoprotein. CON= Controle sedentário; CON-EX= controle exercitado; CART= óleo de cártamo sedentário; CART-EX= óleo de cártamo exercitado. One Way Anova seguido de Tukey. N=10 para todos os grupos. *=versus todos os grupos. #= versus grupo óleo de cártamo sedentário.

Fonte: Autores.

4. Discussão

Com base nos resultados apresentados pode-se inferir que a suplementação de óleo de cártamo interfere no apetite, composição física e metabólica dos animais submetidos ou não ao exercício.

No presente estudo, o peso corporal dos animais suplementados com óleo de cártamo submetidos a exercício físico apresentaram menores valores, quando comparados a todos os grupos na última semana de experimento. Zhang et al., (1997) tratou animais com dieta contendo 45% de banha de porco e 5 % de óleo de cártamo, para induzir um aumento de peso. Quando a dieta foi invertida para 45% de óleo de cártamo e 5% de banha os animais perderem peso. Este estudo reforça os efeitos da qualidade da gordura sobre alterações no peso corporal.

Trabalho realizado com a suplementação de CLA em ratos sedentários levou a um menor consumo de ração no grupo experimental (Campanella, et al., 2014). Esses achados corroboram com os resultados encontrados no presente estudo, onde os animais do grupo CART e CART-EX diminuíram seu consumo de ração de forma significativa durante as três últimas semanas de experimento. Esse efeito modulador de apetite do exercício foi explicado por Flores (Flores, et al., 2006), pois o mesmo interfere diretamente no funcionamento do hipotálamo e no controle do apetite, aumentando a sensibilidade da leptina e da insulina, hormônios promotores de saciedade.

Com relação aos parâmetros murinométricos, o grupo CART-EX apresentou menor IMC e gordura abdominal total quando comparado a todos os grupos. Resultado similar foi observado por Schulze et al., (2014). Sendo assim, o óleo de cártamo associado ao exercício físico pode auxiliar no emagrecimento, proporcionando modificações na composição corporal através da redução de gordura corporal.

Nesta pesquisa a quantidade de lipídeos na carcaça dos animais tratados com o óleo de cártamo e exercício físico foi menor quando comparado com os grupos sedentários. Esses resultados corroboram com o estudo Sasaki & Oliveira (2013), em que foi utilizado ratos machos avaliando os efeitos da suplementação do CLA associado ao exercício físico na composição corporal dos animais. Confirmando que o uso de óleo de cártamo e do CLA quando associado a exercícios físicos e uma dieta balanceada tem efeito eficaz sobre a diminuição da gordura corporal.

Estudo com animais tratados com óleo de cártamo e CLA durante 69 dias (2% em ambos) aumentou o colesterol total no grupo cártamo, porém em nenhum dos grupos foi observado o acúmulo excessivo de gordura hepática (Marineli, 2012). Resultado similar foi observado em pesquisa com ratos, utilizando diferentes marcas de CLA, também na concentração de 2% durante 42 dias (Santos-Zago, et al., 2008) Na presente pesquisa, os animais que receberam a suplementação do óleo de cártamo e não se exercitaram, tanto o colesterol total como a gordura hepática estavam aumentados, sendo que no grupo CART-EX o exercício otimizou a quantidade de gordura hepática. Vários fatores podem influenciar a

metabolização lipídica e, em meio a esses, está o fato de que indivíduos exercitados oxidam mais ácidos graxos do que os sedentários e uma dieta rica em lipídeos aumenta a oxidação destes, e isso pode ocorrer de maneira cumulativa por se tratar de fatores decorrentes de adaptações enzimáticas (Neschen, et al., 2011).

Dieta hiperlipídica contendo óleo de cártamo em ratos, resultou em um aumento da incorporação de ácido araquidônico na membrana mitocondrial hepática, aumento da oxidação das gorduras pela mitocôndria e redução da atividade da FAS (Ácido graxo sintase) hepática. Esses efeitos demonstram um aumento na termogênese levando a uma redução no percentual de gordura corporal nesses animais (Pingitore, et al., 2015). Porém, isso não foi suficiente para reduzir o percentual de gordura total hepática induzida pela dieta hiperlipídica, resultado este, semelhante ao que foi observado no presente estudo nos animais sedentários tratados com óleo de cártamo.

Pesquisas utilizando dietas hiperlipídicas em animais evidenciam alterações em vários parâmetros, como aumento de peso, aumento de gordura hepática associada a elevação do colesterol total e redução de triglicerídeos (Crescenzo, et al., 2012). Quando observados os níveis de triglicerídeos séricos, os grupos suplementados com óleo de cártamo (CART e CART-EX) e o grupo controle exercitado apresentaram uma redução significativa quando comparados com o grupo controle sedentário.

A redução dos níveis de triglicerídeos no grupo óleo de cártamo sedentário, observados no presente estudo, pode estar relacionado com os efeitos hipotrigliceridêmicos dos AGPI, os quais se devem à redução da atividade de enzimas ligadas à síntese de ácidos graxos, como ácido graxo sintase, glicose-6-fosfato desidrogenase e lipase triacilglicerol (Melo, et al., 2016)

5. Conclusão

O óleo de cártamo associado ao exercício reduz o apetite, o peso corporal e o percentual de gordura, porém não há aumento da massa magra corporal e melhorou parâmetros bioquímicos, porém, seu consumo indiscriminado pode desencadear alterações metabólicas indesejáveis como aumento no colesterol sérico e fígado gorduroso.

Referências

Asgary, S., Rahimi, P., Mahzouni, P & Madani, H. (2012). Antidiabetic effect of hydroalcoholic extract of *Carthamus tinctorius* L. in alloxan-induced diabetic rats. *Journal of research in medical sciences: the official journal of Isfahan University of Medical Sciences*, 17 (4): 386 –92.

Asp, ML., Collene, AL., Norris, LE., Cole, RM., Stout, MB., ... & Tang, SY. (2011). Time-dependent effects of safflower oil to improve glycemia, inflammation and blood lipids in obese, post-menopausal women with type 2 diabetes: a randomized, double-masked, crossover study. *Clinical Nutrition*, 30 (4): 443-9.

Campanella, LCDA., Silva, AC., Freygang, J & Dal, MDD. (2014). Efeito da suplementação de óleo de cártamo sobre o peso corporal, perfil lipídico, glicídico e antioxidante de ratos wistar induzidos a obesidade. *Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada*, 35 (1): 141 -7.

Cinti, S., Mitchell, G., Barbatelli, G., Murano, I., Ceresi, E & Faloia, E. (2005). Adipocyte death defines macrophage localization and function in adipose tissue of obese mice and humans. *Journal of lipid research*, 46 (11): 2347 -55.

Coelho, DF., Pereira-Lancha, LO., Chaves, D. S., Diwan, D., Ferraz, R., ... & Campos-Ferraz, E (2011). Effect of highfat diets on body composition, lipid metabolism and insulin sensitivity, and the role of exercise on these parameters. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 44 (10): 966 -72.

Crescenzo, R., Bianco, F., Falcone, I., Tsalouhidou, S., Yepuri, G.,... & Mougios, V. (2012). Hepatic Mitochondrial Energetics During Catch-Up Fat With High-Fat Diets Rich in Lard or Safflower Oil. *Obesity*, 20 (9): 1763 -72.

Ekin, Z. (2005). Resurgence of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) utilization: a global view. *Journal of Agronomy*, 4 (2): 83-7.

Flores, MB., Fernandes, MFA., Ropelle, ER., Faria, MC., Ueno, M., ... & Velloso, LA. (2006). Exercise improves insulin and leptin sensitivity in hypothalamus of Wistar rats. *Diabetes*, 55 (9): 2554 -61.

Folch, J, Less M & Stanley S. A (2015). Simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*. 1957; 226 (1): 497 -509.

Gao LN, Cui YL, Fan GW, Wang YF. Protective effect of *Salvia miltiorrhiza* and *Carthamus tinctorius* extract against lipopolysaccharide-induced liver injury. *World Journal of Gastroenterology*. 2015; 21 (30): 9079 –92.

Hartman, L & Lago, RCA. (1973). Rapid preparation of fatty acids methyl esters. *Laboratory Practice*, 22 (6): 475-6.

Kanehira, T., Takekoshi, S., Nagata, H., Matsuzaki, K., Kambayashi, Y., ... & Osamura RY. (2003). A novel and potent biological antioxidant, Kinobeaon A, from cell culture of safflower. *Life Sciences*, 74 (1): 87-97.

Lee, JY., Chang, EJ., Kim, HJ., Park, JH & Choi, SW. (2002). Antioxidative flavonoids from leaves of *Carthamus tinctorius*. *Archives of Pharmacal Research*, 25 (3) : 313-9.

Lopes, J. F., Matos, M. A., Magalhães, F. C., Esteves, E. A., Vieira, E. R., & Amorim, F. T. (2017). Efeito de mudanças graduais de exercício físico e dieta sobre a composição corporal de obesos. *Arquivos de Ciências da Saúde*, 24(1), 93-7.

Marineli, RS (2012). Avaliação dos efeitos do ácido linoléico conjugado (CLA), dos fitosteróis e de sua combinação na regulação de parâmetros bioquímicos, oxidativos e na composição corporal de ratos Sprague Dawley [mestrado]. Campinas: Universidade Estadual de Campinas.

Melo, SS., Chiarelli, DDS & Laurentino, ML. (2016). *Hibiscus cannabinus*: efeitos nos parâmetros nutricionais e bioquímicos de ratos dislipidêmicos. *Mundo saúde*, 40 (1): 11-20./.

Neschen, S., Moore, I., Regittnig, W., Yu, CL., Wang, Y., & Pypaert, M (2011). Contrasting effects of fish oil and safflower oil on hepatic peroxisomal and tissue lipid content. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 282 (2): E395 -E401.

Novelli, ELB., Diniz, YS., Galhardi, CM., Ebaid GMX., Rodrigues, HG., & Mani, F. (2007). *Anthropometrical parameters and markers of obesity in rats. Laboratory e animals*, 41 (1): 111-9.

Pencharz, PB., Elango, R., & Ball, RO., Determination of the tolerable upper intake level of leucine in adult men. *The Journal of nutrition*. 2012; 142 (12): 2220S -2224S.

Pingitore, A., Lima, G. P. P., Mastorci, F., Quinones, A., Iervasi, G., Vassalle, C. (2015). Exercise and oxidative stress: potential effects of antioxidant dietary strategies in sports. *Nutrition*, 31(7): 916-22.

Santos-Zago, LF., Botelho, AP., & Oliveira, ACD. (2018). Os efeitos do ácido linoleico conjugado no metabolismo animal: avanço das pesquisas e perspectivas para o futuro. *Revista de Nutrição*, 2008; 21(2): 195 -221.

Sasaki, CAL., Oliveira, JS., Nogueira, JAD., Fontana, KE., & Oliveira, RJ. (2013). Efeito da suplementação oral do ácido linoléico conjugado associado ao exercício na composição corporal de ratos. *Journal of Physical Education*, 24 (1): 103-9.

Schulze, BN., Schultz, C., Ulbrich, AZ., & Bertin, RL. (2014) Efeito da Suplementação de Óleo de Cártamo sobre o Perfil Antropométrico e Lipídico de Mulheres com Excesso de Peso Praticantes de Exercício Físico. *Revista Brasileira de Ciências da Saúde*, 18 (4): 89 -96.

Sigmastat. (2009) (programa de computador). Versão 3.1. Point Richmond (Califórnia): Comercial.

Tso, P., Caldwell, J., Lee, D., Boivin, GP., & Michele, SJ. (2012) Comparison of growth, serum biochemistries and fatty acid metabolism in rats fed diets supplemented with high-gamma-linolenic acid safflower oil or borage oil for 90 days. *Food and Chemical Toxicology*, 50 (6):1911–19.

Vosoughkia, M., Ghareaghag, LH., Ghavami, M., Gharachorloo, M., & Delkhosh, B. (2011). Evaluation of Oil Content and Fatty Acid Composition in Seeds of Different Genotypes of

Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *International Journal of Agricultural Science and Research*, 2 (1): 60 -66.

Wu, S., Yue, Y., Tian, H., Li, Z., Li, X., ... & He, W. (2013). *Carthamus red from Carthamus tinctorius* L. exerts antioxidant and hepatoprotective effect against CCl₄-induced liver damage in rats via the Nrf2 pathway. *Journal of Ethnopharmacology*, 148 (2): 570–8.

Zhang, HL., Nagatsu, A., Watanabe, T., Sakakibara, J., & Okuyama, H. (1997). Antioxidative compounds isolated from safflower (*Carthamus tinctorius* L.) oil cake. *Chemical & Pharmaceutical Bulletin*, 45 (12): 1910 –14.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Roberta Cristina de França Silva – 40%

Ana Cristina Silveira Martins – 10%

David Ryan Santos Xavier – 10%

Dayana Flávia Silva Sousa – 10%

Magnólia de Araújo Campos – 5%

Marília Ferreira Frazão Tavares de Melo – 5%

Juliana Késsia Barbosa Soares – 20%