

AVALIAÇÃO DOS EFEITOS PÓS-PRANDIAIS POR INGESTÃO DE LIPÍDIOS INTERESTERIFICADOS COM DIFERENTES TEORES DE SATURADOS EM CAMUNDONGOS

Palavras-Chave: SÍNTESE DE LIPÍDIOS, DIETA HIPERLIPÍDICA, METABOLISMO PÓS-PRANDIAL

Autores:

RAFAEL MARTARELI PICOLO, FEA – UNICAMP

Prof^a. Dr^a. GABRIELA ALVES MACEDO (orientadora), FEA – UNICAMP

ALICE DA SILVA MALVEIRA (co-orientadora), FEA – UNICAMP

INTRODUÇÃO:

A resposta inflamatória pós-prandial induzida por refeições ricas em gordura tem sido associada ao desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis, como obesidade, diabetes tipo 2 e doenças cardiovasculares (Klop *et al.*, 2012; Margioris, 2009). Nesse contexto, lipídios estruturados (LEs), obtidos por interesterificação enzimática de óleos vegetais, surgem como potenciais ingredientes funcionais por apresentarem menor absorção e possível efeito antiobesogênico (Moreira *et al.*, 2017; da Silva *et al.*, 2019). Estudos indicam que até mesmo indivíduos saudáveis podem apresentar uma resposta inflamatória sistêmica após o consumo de refeições hiperlipídicas, evidenciando o impacto metabólico do padrão alimentar moderno (Herieka; Erridge, 2014). Este trabalho avaliou os efeitos metabólicos e inflamatórios da ingestão de LEs com diferentes teores de ácidos graxos saturados de cadeia longa (AGSCL) em camundongos, buscando compreender sua atuação sobre a homeostase glicêmica e o metabolismo lipídico.

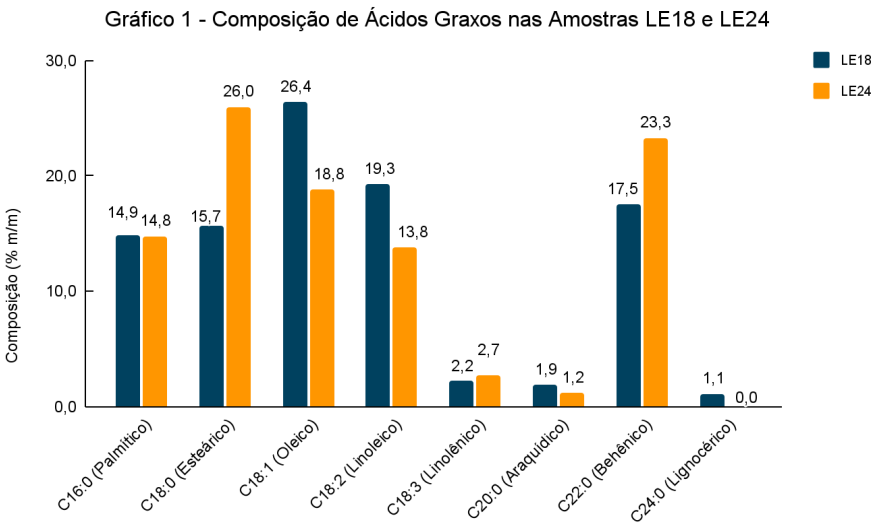
METODOLOGIA:

A síntese dos LEs utilizados no estudo foi realizado por meio da interesterificação enzimática, utilizando como matérias-primas o óleo de amendoim alto oleico refinado, o óleo de soja refinado e o *hardfat* de crambe (óleo de crambe totalmente hidrogenado). Foram produzidas duas formulações distintas, denominadas LE18 e LE24, que diferem entre si pela proporção de ácidos graxos saturados de cadeia longa (AGSCL). A composição detalhada dessas amostras está apresentada na Tabela 1.

A caracterização dos lipídios sintetizados foi realizada por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CGMS), conforme metodologia descrita por *Hartman & Lago* (1973) e AOCS - American Oil Chemists' Society (2009). A análise permitiu identificar os principais ácidos graxos

presentes nas formulações, com destaque para os ácidos esteárico (C18:0), oleico (C18:1), linoleico (C18:2) e behênico (C22:0), cujas proporções variaram entre as amostras. A distribuição percentual desses ácidos graxos está ilustrada no Gráfico 1, que evidencia o aumento do teor de AGSCL na formulação LE24 em comparação à LE18.

Tabela 1 - Composição das amostras dos LEs		
Componente	LE18 (%)	LE24 (%)
<i>Hardfat</i> de crambe	20	32
Óleo de amendoim	40	34
Óleo de soja	40	34



O ensaio biológico foi conduzido com camundongos Swiss, seguindo os princípios éticos estabelecidos pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da UNICAMP (protocolo nº 6473-1/2024). Os animais foram divididos aleatoriamente em quatro grupos experimentais: grupo

controle (DC), grupo hipercalórico (DHC), grupo com lipídio estruturado a 18% (DLE18) e o grupo com lipídio estruturado a 24% (DLE24). As dietas foram formuladas com base nas recomendações do American Institute of Nutrition (AIN-93), sendo a dieta controle normolipídica (10% de energia proveniente de lipídios) e as demais hiperlipídicas (45% de energia proveniente de lipídios), conforme descrito por Reeves, Nielsen e Fahey (1993).

A avaliação metabólica incluiu a medição da glicemia basal em jejum, colesterol total e triglicerídeos séricos, utilizando o aparelho Accutrend Plus (Roche). Além disso, foram realizados testes de tolerância à insulina (ipITT) e à glicose (ipGTT), ambos após jejum de 4 horas. No ipITT, os animais receberam injeção intraperitoneal de insulina rápida humana (0,75 U/kg), com monitoramento da glicemia nos tempos 0, 5, 10, 20 e 30 minutos. Já no ipGTT, foi administrada uma solução de glicose a 25% (1 g/kg), com coletas nos tempos 0, 15, 30, 60 e 120 minutos.



Figura 1 - Camundongo albino da linhagem Swiss
Fonte:

<https://www.taconic.com/products/mouse-rat/standard-strains-and-stocks/swiss-webster>

Por fim, os dados obtidos foram analisados estatisticamente por meio do software GraphPad Prism 5.01, utilizando análise de variância (ANOVA one-way) seguida do teste de Tukey, considerando-se diferenças significativas para $p < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A ingestão de lipídios estruturados (LEs) com diferentes teores de ácidos graxos saturados de cadeia longa (AGSCL) não promoveu alterações significativas no ganho de peso dos camundongos ao longo do experimento. A análise da evolução da massa corporal e do consumo alimentar demonstrou que os grupos experimentais apresentaram comportamento semelhante, indicando que os LEs não afetaram a palatabilidade das dietas nem o comportamento alimentar dos animais, como mostra os Gráficos 2 e 3. Curiosamente, o grupo alimentado

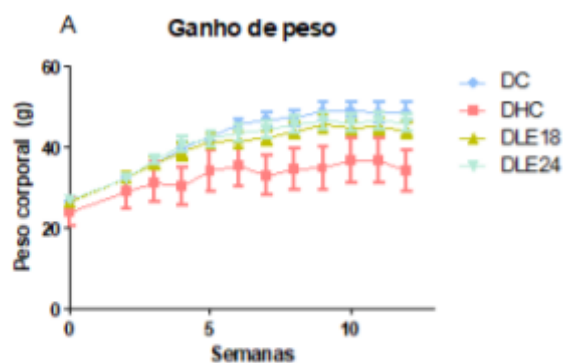


Gráfico 2 - Panorama geral do ganho de massa corporal semanal

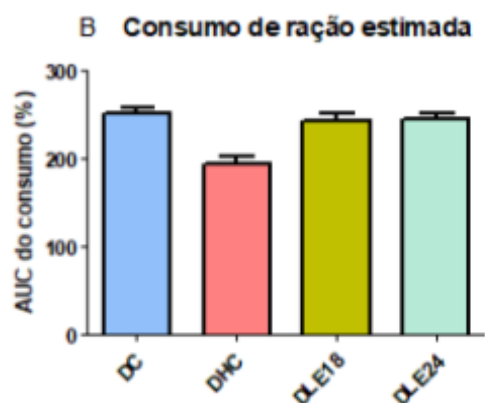


Gráfico 3 - Área total sob a curva (AUC) referente ao consumo das rações experimentais

com banha de porco (DHC) apresentou menor peso corporal, o que foi atribuído à menor ingestão de ração, e não à composição lipídica da dieta, corroborando achados de Chu *et al.* (2024), que sugerem a existência de mecanismos fisiológicos de regulação do peso corporal em resposta à ingestão de banha.

No que se refere à homeostase glicêmica, os testes de glicemia basal, tolerância à glicose (ipGTT) e à insulina (ipITT) não revelaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos, como mostram os Gráficos 4, 5 e 6. Esses

resultados indicam que os lipídios estruturados, mesmo com teores elevados de AGSCL, não comprometeram a captação de glicose pelos tecidos nem a sensibilidade à insulina em curto prazo. No entanto, observou-se uma tendência de aumento da glicemia no grupo DHC aos 15 minutos do ipGTT, o que pode indicar o início de um quadro de intolerância à glicose, conforme também relatado por Chu *et al.* (2024) em modelos animais submetidos a dietas hiperlipídicas à base de banha.

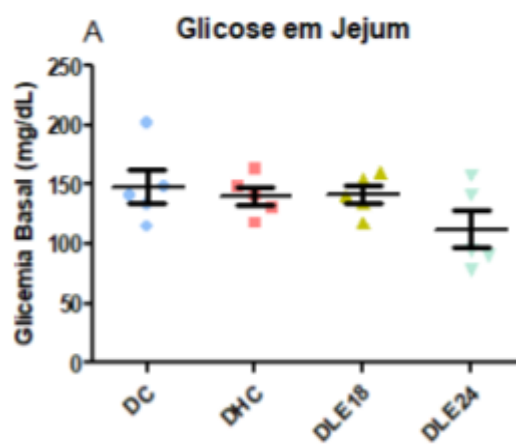


Gráfico 4 - Glicose Basal

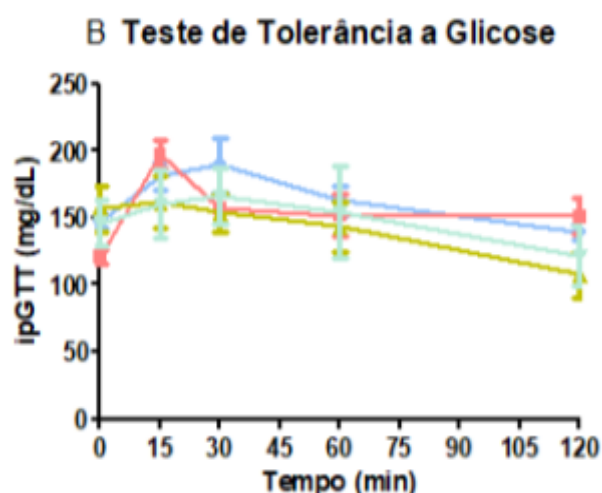


Gráfico 5 - Curva de Teste de tolerância à glicose intraperitoneal (ipGTT)

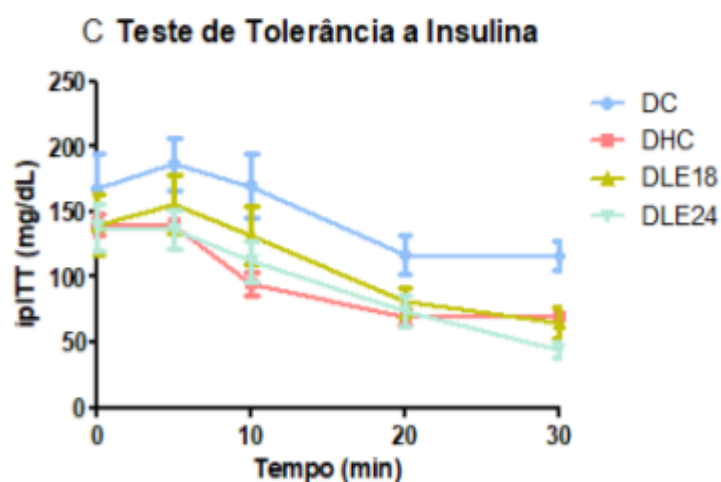


Gráfico 6 - Curva de Teste de tolerância à insulina intraperitoneal (ipITT)

Os parâmetros do metabolismo lipídico, como os níveis séricos de triglicerídeos e colesterol total, também não apresentaram diferenças significativas entre os grupos, como mostram os Gráficos 7 e 8. Isso indica que a substituição da gordura convencional por lipídios estruturados não alterou de forma expressiva o metabolismo lipídico dos animais durante o período avaliado.

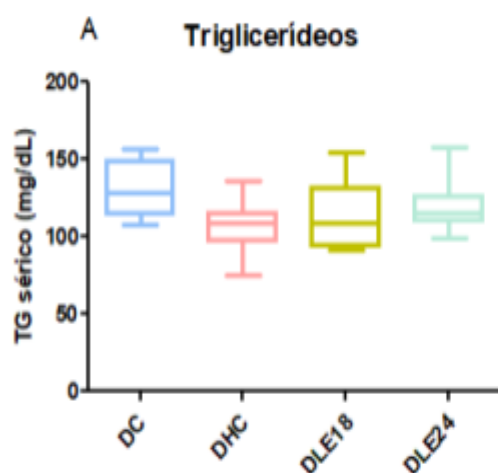


Gráfico 7 - Níveis de Triglicerídeos séricos após a ingestão de diferentes dietas experimentais

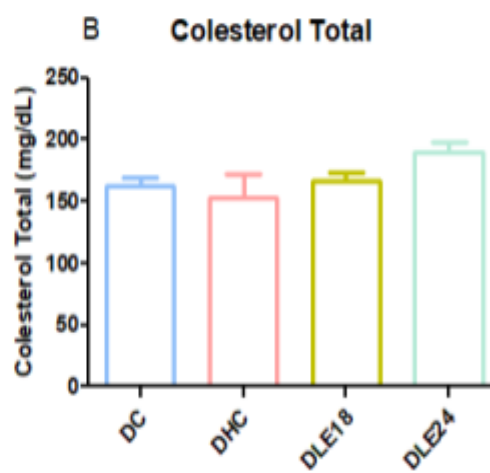


Gráfico 8 - Colesterol Total sérico após a ingestão de diferentes dietas experimentais

Apesar da formulação LE24 apresentar maior teor de ácido behênico (C22:0), um AGSCL associado à menor absorção lipídica e à resistência à lipase pancreática (Kojima *et al.*, 2010; da Silva *et al.*, 2019), os efeitos metabólicos benéficos esperados não foram observados. Estudos anteriores relataram que lipídios estruturados com AGSCL podem reduzir a inflamação pós-prandial e o ganho de peso (Moreira *et al.*, 2017; Zuin *et al.*, 2024), mas os resultados deste estudo indicam que o aumento da concentração desses ácidos graxos não foi suficiente para reproduzir tais efeitos.

CONCLUSÕES:

Este estudo contribuiu para a compreensão inicial dos efeitos metabólicos associados ao aumento da concentração de ácidos graxos saturados de cadeia longa (AGSCL) em lipídios estruturados. Embora não tenham sido observadas alterações significativas nos parâmetros avaliados, os resultados indicam que essas formulações são metabolicamente seguras no curto prazo. No entanto, são necessárias investigações adicionais, especialmente em modelos de longo prazo, para elucidar seu potencial na modulação da absorção lipídica, do metabolismo e da resposta inflamatória, aprofundando assim sua aplicabilidade como ingrediente funcional em alimentos.

BIBLIOGRAFIA

AOCS – AMERICAN OIL CHEMISTS’ SOCIETY. *Official methods and recommended practices of the AOCS*. 6. ed. Champaign: AOCS Press, 2009.

DA SILVA, et al. **The postprandial inflammatory response is attenuated by a dietary structured lipid containing behenic acid.** *Journal of Functional Foods*, v. 58, p. 350–354, 2019.

HARTMAN, Leopold; LAGO, R. C. **Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids.** *Laboratory Practice*, v. 22, n. 6, p. 475–6 passim, 1973.

HERIEKA, M.; ERRIDGE, C. **High-fat meal induced postprandial inflammation.** *Molecular Nutrition & Food Research*, v. 58, n. 1, p. 136–146, 2014.

KLOP, B. et al. **Understanding postprandial inflammation and its relationship to lifestyle behaviour and metabolic diseases.** *International Journal of Vascular Medicine*, 2012.

KOJIMA, M. et al. **Structured triacylglycerol containing behenic and oleic acids suppresses triacylglycerol absorption and prevents obesity in rats.** *Lipids in Health and Disease*, v. 9, p. 1–6, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1186/1476-511X-9-77>.

MARGIORIS, A. **Fatty acids and postprandial inflammation.** *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, v. 12, n. 2, p. 129–137, 2009.

MOREIRA, et al. **Evaluation of structured lipids with behenic acid in the prevention of obesity.** *Food Research International*, v. 95, p. 52–58, 2017.

REEVES, P. G.; NIELSEN, F. H.; 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.** *The Journal of Nutrition*, v. 123, n. 11, p. 1939–1951, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/123.11.1939>.

ZUIN, J. C. et al. **Structured nanoemulsion lipid as alternative to obesity control: An in vivo study.** *Food Science & Nutrition Research*, v. 7, n. 1, p. 1–9, 2024. DOI: 10.33425/2641-4295.1073.