

 Ciro Pacheco de Mello Filho¹

 Aline de Piano Ganen^{1,2}

 Adriana Garcia Peloggia de Castro^{1,2}

 Clara KorukianFreiberg^{1,2}

 Deborah Cristina Landi Masquio^{1,2}

 Sandra Maria Chemin Seabra da Silva²

 Priscila Sala Kobal^{1,2}

¹ Centro Universitário São Camilo, Departamento de Nutrição, Programa de Pós-Graduação. São Paulo, SP, Brasil.

² Centro Universitário São Camilo, Departamento de Nutrição, Programa de Graduação em Nutrição. São Paulo, SP, Brasil.

O presente artigo foi originado da dissertação de mestrado intitulada "Impacto da suplementação e nutrientes do óleo de abacate nos níveis de cálcio e vitamina D em adolescentes com obesidade", autoria de Ciro Pacheco de Mello Filho e orientação de Priscila Sala Kobal, apresentada em 2025 ao Centro Universitário São Camilo. São Paulo-SP, Brasil.

Correspondência
Priscila Sala Kobal
priscila.kobal@saocamilo-sp.br

Editor Associado
 Fernando Lamarca

Impacto da suplementação do óleo de abacate nos níveis de cálcio e vitamina D em adolescentes com obesidade

Impact of avocado oil supplementation on calcium and vitamin D levels in adolescents with obesity

Resumo

Introdução: A obesidade em adolescentes pode estar associada a deficiências de cálcio e vitamina D. Embora o óleo de abacate não contenha grandes quantidades desses nutrientes, ele é rico em compostos bioativos que podem melhorar sua absorção, auxiliando no manejo da obesidade. **Objetivo:** Avaliar os efeitos da suplementação com óleo de abacate nos níveis séricos de cálcio e vitamina D em adolescentes com obesidade. **Métodos:** Em um ensaio clínico randomizado, duplo-cego e controlado por placebo, 30 adolescentes com obesidade, pós-púberes, com idades entre 13 e 19 anos, foram alocados em três grupos: 2G (n=9), suplementados com 2g/dia de óleo de abacate; 1G (n=12), 1g/dia de óleo de abacate; e Placebo (n=9), suplementados com 1g/dia de óleo mineral. A intervenção foi realizada por 12 semanas. O consumo alimentar de cálcio e vitamina D, por meio de um recordatório alimentar de 3 dias, e seus níveis séricos foram avaliados no início e no final do estudo. A análise estatística foi feita com o *software* JAMOVI (versão 2.3). **Resultados:** Não houve alteração significativa nos níveis séricos de vitamina D, bem como no consumo alimentar de vitamina D e cálcio. A suplementação com óleo de abacate resultou em aumento significativo nos níveis séricos de cálcio no grupo que recebeu 1g/dia (Pré: 9,23±0,22 e Pós: 9,6±0,25; p = 0,014). **Conclusão:** A suplementação com 1 g/dia de óleo de abacate aumentou significativamente os níveis séricos de cálcio em adolescentes com obesidade, sem impacto na vitamina D. Apesar do efeito discreto, os achados sugerem possível influência do óleo de abacate sobre o metabolismo mineral, reforçando a necessidade de novos estudos com maior amostra e tempo de intervenção prolongado.

Palavras-chave: Abacate. Obesidade. Adolescente. Cálcio. Vitamina D.

Abstract

Introduction: Obesity in adolescents might be associated with calcium and vitamin D deficiencies. Although avocado oil does not contain high amounts of these nutrients, it is rich in bioactive compounds that may improve their absorption, potentially assisting in obesity management. **Objective:** To evaluate the effects of avocado oil supplementation on serum calcium and vitamin D levels in adolescents with obesity. **Methods:** In a randomized, double-blind,

placebo-controlled clinical trial, 30 post-pubertal adolescents with obesity, aged 13 to 19, were allocated into three groups: 2G (n=9), supplemented with 2 g/day of avocado oil; 1G (n=12), supplemented with 1 g/day of avocado oil; and Placebo (n=9), supplemented with 1 g/day of mineral oil. The intervention lasted 12 weeks. Dietary intake of calcium and vitamin D was assessed using a 3-day 24hR, and their serum levels were evaluated at the beginning and end of the study. Statistical analysis was performed using JAMOV software (version 2.3). **Results:** There were no significant changes in serum vitamin D levels, nor in the dietary intake of vitamin D and calcium. Avocado oil supplementation resulted in a significant increase in serum calcium levels in the group that received 1 g/day (Pre: 9.23 ± 0.22 vs. Post: 9.6 ± 0.25 ; $p = 0.014$). **Conclusion:** Supplementation with 1 g/day of avocado oil significantly increased serum calcium levels in adolescents with obesity, with no impact on vitamin D. Despite the modest effect, the findings suggest a possible influence of avocado oil on mineral metabolism, reinforcing the need for further studies with larger sample sizes and longer intervention periods.

Keywords: Avocado. Obesity. Adolescent. Calcium. Vitamin D.

INTRODUÇÃO

A obesidade é uma condição clínica complexa que afeta crianças em todas as etapas do seu desenvolvimento. Durante a puberdade, ocorre uma queda na sensibilidade à insulina, independentemente do estado de peso. Entretanto, é comum que jovens com excesso de peso, devido ao impacto nas funções das células β , desenvolvam maior resistência à insulina e apresentem declínio nas respostas compensatórias de secreção desse hormônio, sem se recuperarem completamente ao final desse período.¹⁻³

Desequilíbrios lipídicos, como colesterol, triglicerídeos e lipoproteína de alta densidade (HDL), também são biomarcadores amplamente reconhecidos na obesidade. Em dados, a prevalência de dislipidemia entre crianças com sobrepeso foi de 50,4%, sendo os principais achados a presença de hipertrigliceridemia (31,9%) e HDL baixo (29,7%). O perímetro de cintura aumentada (55,4%) foi o fator de risco mais detectado no estudo conduzido por Casavalle et al.⁴ e tem sido diretamente relacionada à hipertensão em adolescentes.⁵

Evidências recentes mostram relação significativa entre os hábitos alimentares e a prevenção, assim como o desenvolvimento da obesidade e suas complicações. Esses estudos reforçam a importância de padrões de segurança alimentar como estratégia essencial para mitigar os fatores de risco.^{6,7} Muitos adolescentes podem apresentar alterações nutricionais, como deficiência de vitamina D e cálcio, o que agrava suas condições de saúde. Esses micronutrientes estão intimamente ligados à obesidade e às desordens associadas previamente citadas, como resistência à insulina, hipertensão arterial e dislipidemia, que, em conjunto, caracterizam a síndrome metabólica (SM).⁸⁻¹⁰

A obesidade tem sido associada a menores concentrações séricas de 25-hidroxivitamina D [25(OH)D], possivelmente devido ao sequestro dessa vitamina pelo tecido adiposo, que atua como reservatório e reduz sua biodisponibilidade.^{11,12} Além disso, a presença de receptores de vitamina D nas células β pancreáticas sugere seu papel na secreção de insulina, de modo que níveis insuficientes podem contribuir para a resistência insulínica e disfunção glicêmica.^{13,14} A deficiência dessa vitamina também tem sido implicada na ativação do sistema renina-angiotensina-aldosterona e na disfunção endotelial, favorecendo o aumento da pressão arterial e o risco cardiovascular.^{15,16} Ademais, estudos indicam correlação inversa entre os níveis de 25(OH)D e triglicerídeos, bem como associação positiva com o HDL, evidenciando seu papel na regulação lipídica e proteção metabólica.¹⁷

Além das diversas relações funcionais previamente mencionadas, no ambiente intestinal, a 1,25-dihidroxivitamina D (1,25(OH)₂D) desempenha papel essencial no transporte transcelular do cálcio, evidenciando a estreita conexão entre esses nutrientes.¹⁸ Essa relação também se reflete no impacto do cálcio sobre a composição corporal. Tylavsky et al.¹⁹ observaram que adolescentes do sexo feminino com ingestão de cálcio inferior a 314 mg/dia apresentavam maior percentual de gordura em comparação àquelas com consumo $\geq$ 634 mg/dia. Resultados semelhantes foram encontrados por Jurimae et al.,²⁰ que identificaram associação inversa entre a ingestão de cálcio e a adiposidade corporal total em adolescentes do sexo masculino ($p < 0,05$).

Em concordância com esses resultados, Das & Choudhuri²¹ observaram que ratos submetidos a uma dieta rica em gordura e suplementados com cálcio (1,0%) por 12 semanas apresentaram redução significativa ($p < 0,01$) no índice de adiposidade, glicose, insulina, HOMA-IR, adiponectinas e acúmulo de lipídios hepáticos, destacando os benefícios do cálcio no metabolismo.

Esses achados destacam o papel do cálcio não apenas no metabolismo, mas também na hipertensão arterial, um elo entre obesidade e distúrbios cardiovasculares.²² Chen et al.,²³ em estudo com 1.580 participantes, observaram que níveis elevados de cálcio sérico estavam significativamente associados ao aumento da pressão arterial sistólica, reforçando essa inter-relação.

Benefícios do Óleo de abacate

Estudos demonstram que a suplementação com óleo de abacate pode melhorar a sensibilidade à insulina e reduzir o acúmulo de gordura hepática e triglicerídeos em modelos experimentais de obesidade.²⁴ No contexto cardiovascular, a administração do óleo reduziu significativamente os níveis de triglicerídeos, lipoproteína de muito baixa densidade (VLDL) e lipoproteína de baixa densidade (LDL) em ratos com alterações metabólicas induzidas por sacarose.²⁵ Além disso, Tan et al.²⁶

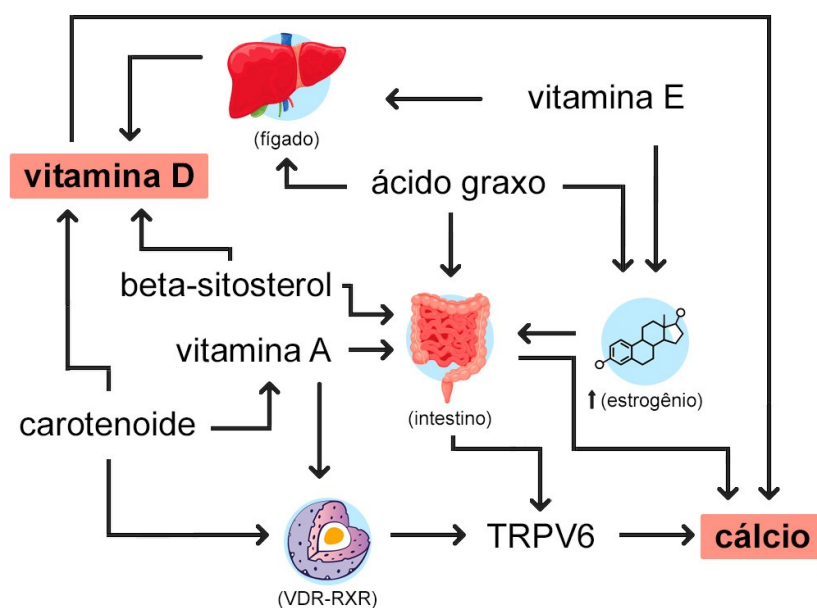
relataram que a ingestão oral de óleo de abacate extravirgem (900 mg/kg/dia) apresentou efeitos comparáveis aos da sinvastatina, promovendo redução significativa ($p < 0,05$) nos níveis de LDL e triglicerídeos, além de elevar os níveis de lipoproteína de alta densidade (HDL). Em um modelo experimental de hipertensão, Márquez-Ramírez et al.²⁷ observaram que a suplementação com óleo de abacate reduziu a pressão arterial diastólica e sistólica em 21,2% e 15,5%, respectivamente, além de mitigar efeitos adversos renais.

A adoção de abordagens dietéticas focadas em nutrientes, como cálcio e vitamina D, ou alimentos que os favoreçam, como o óleo de abacate, pode influenciar positivamente o manejo da obesidade e suas comorbidades. O abacate destaca-se pelo seu elevado teor lipídico (61,27 – 62,66%), com predominância de ácidos graxos monoinsaturados.²⁸ O ácido oleico é o principal ácido graxo, representando aproximadamente 55% de sua composição. Entre os compostos bioativos encontrados, destacam-se o β -sitosterol, o α -tocoferol e a luteína, que são esteróis, tocoferóis e carotenoides, respectivamente.²⁹

A inclusão do abacate na alimentação tem sido associada a uma melhor qualidade da dieta, maior ingestão de nutrientes e redução de até 50% do risco de SM, em comparação com indivíduos que não consomem essa fruta. Assim, seu óleo tem despertado crescente interesse nas áreas de nutrição, indústria alimentícia e cosmética, devido aos seus potenciais benefícios à saúde.³⁰

Embora o óleo de abacate não atue diretamente na regulação dos níveis séricos de cálcio e vitamina D, seus compostos bioativos, como os carotenoides, vitamina E, β -sitosterol e os ácidos graxos, podem influenciar o metabolismo desses nutrientes, especialmente em indivíduos com obesidade, nos quais a resistência à insulina, hipertensão e dislipidemia são fatores agravantes que contribuem para o desenvolvimento da SM.³¹⁻³⁵ A Figura 1 apresenta um resumo dos potenciais benefícios do óleo de abacate no metabolismo do cálcio e da vitamina D.

Figura 1. Resumo dos potenciais benefícios dos compostos bioativos do óleo de abacate no metabolismo do cálcio e da vitamina D.



Legenda: Os carotenoides provitamínicos A desempenham um papel na síntese de receptores retinoides X (RXR) que, quando associados ao receptor de vitamina D (VDR), formam um complexo responsável pela transcrição de genes relacionados à absorção de cálcio, como o TRPV6 (receptor vaniloide transitório subtipo VI) no intestino delgado. A vitamina A e o beta-sitosterol desempenham papel crucial na manutenção da integridade intestinal, enquanto os ácidos graxos aumentam a permeabilidade paracelular. Além disso, o estrogênio regula a absorção de cálcio no duodeno, onde os ácidos graxos e vitamina E garantem níveis estáveis desse hormônio. Processos de hidroxilação são essenciais para a ativação e metabolismo da vitamina D, que também desempenha um papel fundamental na absorção de cálcio. Carotenoides, beta-sitosterol, ácidos graxos e a vitamina E colaboram para otimizar esse processo. Figura elaborada com base nas referências 31-35

No entanto, são necessários mais estudos para compreender plenamente os efeitos do óleo de abacate em adolescente com obesidade. Diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar o impacto da suplementação com óleo de abacate nos níveis séricos de cálcio e vitamina D em adolescentes com obesidade após 12 semanas de intervenção, além de analisar a ingestão desses nutrientes e sua correlação com os níveis séricos.

MÉTODOS

Este estudo foi realizado no Centro de Promoção e Reabilitação em Saúde e Integração Social (PROMOVE) do Centro Universitário São Camilo. O protocolo de pesquisa foi registrado na Plataforma Brasil (Número do Parecer Consubstanciado do CEP: 7.297.222) e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CoEP) da instituição.

Todos os participantes foram incluídos no estudo mediante assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecidos (TCLE) pelos pais ou responsáveis e do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) pelos adolescentes. Foram recrutados adolescentes entre 13 e 19 anos, pós-púberes, encaminhados pela especialidade de hebiatria do PROMOVE, com diagnóstico de obesidade. Os critérios de exclusão compreenderam diagnóstico de hipercolesterolemia familiar, doenças crônicas, endócrinas ou inflamatórias intestinais; consumo excessivo de álcool e drogas; uso de suplementos ou medicamentos que pudessem interferir na composição corporal; prática de atividade física intensa (mais de três vezes por semana); alergia a componentes da fórmula; e participação em estudo intervencionista recente. Esses critérios foram estabelecidos também pelo fato de o presente estudo integrar um projeto maior, cujo objetivo era avaliar o efeito da intervenção na perda de peso e na composição corporal, cujos dados preliminares já foram previamente publicados pelo grupo de pesquisa.³⁶

O presente estudo foi delineado como um ensaio clínico randomizado, duplo-cego e controlado por placebo, conduzido com uma amostragem de conveniência composta por adolescentes com obesidade. Os participantes foram distribuídos aleatoriamente em três grupos de intervenção:

- **Grupo 2G:** Suplementados com quatro cápsulas/dia contendo 500 mg de óleo de abacate, totalizando 2 g/dia;
- **Grupo 1G:** Suplementados com duas cápsulas/dia contendo 500 mg de óleo de abacate, totalizando 1 g/dia;
- **Grupo Placebo:** Suplementados com duas cápsulas/dia contendo 500 mg de óleo mineral, totalizando 1 g/dia.

A randomização foi conduzida por um pesquisador independente, utilizando uma sequência gerada por *software* (GraphPad StatisticalSoftware; QuickCalcs, La Jolla, CA - USA). A intervenção teve duração de 12 semanas, durante as quais todos os participantes receberam um *e-book* com orientações gerais sobre alimentação saudável. Os pacientes e seus responsáveis foram orientados de que as cápsulas poderiam ser consumidas em qualquer momento do dia, de acordo com a preferência individual, desde que todas as doses previstas fossem ingeridas até o final do dia. Também foi permitido o fracionamento da ingestão, com o objetivo de facilitar a adesão ao protocolo, considerando a possível dificuldade em consumir duas ou quatro cápsulas de uma única vez. O acompanhamento da adesão foi realizado por meio de contatos periódicos, a cada uma ou duas semanas, para verificar o bem-estar dos participantes e confirmar a regularidade no consumo do suplemento. Não houve, contudo, intervenções na dieta e os participantes não receberam orientações para modificar seus hábitos alimentares. Eles apenas foram instruídos a manter sua

alimentação habitual, sem restrições ou monitoramento específico do consumo de abacate. As cápsulas de óleo de abacate foram fornecidas pela empresa Flor do Abacate Comércio e Indústria LTDA.® A composição nutricional e fitoquímica do óleo está descrita na Tabela 1.

Tabela 1. Composição nutricional do Óleo de abacate. São Paulo-SP, 2025.

Determinação	Resultado
Beta-sitosterol (mg/100g)	359,19 (7,68) ^a
Betacaroteno (µg/100g)	10,12 (0,86) ^a
Vitamina A (UI/100g)	6
Carotenoides totais expressos com luteína (mg/100g)	1,20 (0,13) ^a
Ergocalciferol (µg/100g)	ND < 0,30 ^b
Vitamina D2 (UI/100g)	ND < 12 ^b
Alfa-tocoferol (mg/100g)	10,50 (0,23) ^a
Beta-tocoferol (mg/100g)	ND 0,02 ^b
Gama-tocoferol (mg/100g)	1,77 (0,09) ^a
Tocoferol total (mg/100g)	0,091 (0,001) ^a
Vitamina E (UI/100g)	12
Vitamina E expressa como alfa-tocoferol (mg/100g)	10,74
Ácidos graxos (g)	100mL
Saturados	20,14
Monoinsaturados	55,53
Poli-insaturado: Ômega-3	0,55
Poli-insaturado: Ômega-6	10,90
Composição em ácidos graxos (g)	100mL
C 16:0 palmítico	19,22
C 17:1 cis-10-heptadecanoico	0,07
C 18:0 esteárico	0,84
C 18:1 ômega-9: oleico	50,41
C 18:2 ômega-6: linoleico	10,90
C 20:0 araquídico	0,10
C 18:3 ômega-3: alfa linolênico	0,55
C 20:1 ômega-11: cis-11-eicosenoico	0,13

^a, média e estimativa de desvio padrão; ^b, não detectado

Fonte: Flor do Abacate®, 2024.

As avaliações ocorreram no início e ao término da intervenção, após 12 semanas, e compreenderam a análise antropométrica, a avaliação do consumo alimentar e a coleta sanguínea. A antropometria foi conduzida por um nutricionista treinado e incluiu a mensuração do peso (kg) e da estatura (cm) para o cálculo do índice de massa corporal (IMC). A classificação do IMC foi feita por meio de escores-Z, considerando sexo e idade dos participantes. Os critérios adotados foram: baixo peso ($-3 \leq \text{escore } z < -2$), eutrofia ($-2 \leq \text{escore } z < +1$), sobrepeso ($+1 \leq \text{escore } z < +2$), obesidade ($+2 \leq \text{escore } z$).³⁷ A ingestão alimentar foi avaliada por meio do registro alimentar de três dias (R3D), aplicado e orientado pela equipe de nutrição. O R3D contemplou dois dias úteis e um dia do final de semana, sendo preenchido pelos adolescentes com o auxílio dos pais ou responsáveis. A ingestão alimentar foi analisada por meio do *Nutrition Data System for Research* (NDSR, versão 2023, Nutrition Coordinating Center, University of Minnesota, Minneapolis, MN, USA). A coleta sanguínea foi realizada por punção periférica da veia do antebraço, após jejum de 8 horas. As amostras foram analisadas no Laboratório do Hospital São Camilo-Ipiranga, empregando métodos enzimáticos colorimétricos para a quantificação dos níveis séricos de vitamina D e cálcio.

Inicialmente, a normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de Shapiro–Wilk. As comparações intragrupo foram realizadas com o teste t pareado para variáveis com distribuição normal e com o teste de Wilcoxon para variáveis não paramétricas. Para as comparações entre os grupos, utilizou-se a ANOVA de medidas repetidas, considerando os efeitos intra e intersujeitos. Quando identificado efeito significativo, aplicou-se o pós-teste de Tukey, para identificar as diferenças específicas entre os grupos. As correlações entre variáveis bioquímicas e dietéticas foram testadas com os coeficientes de Pearson e Spearman, de acordo com a distribuição dos dados. Todas as análises foram conduzidas no *software* JAMOV® (versão 2.3), adotando-se nível de significância de $p < 0,05$.

De acordo com a Resolução CNS nº 466/2012, o estudo apresentou risco mínimo. O óleo de abacate, substância natural extraída da fruta, não possui efeitos adversos descritos na literatura. Os participantes foram acompanhados pela equipe médica e, caso houvesse qualquer reação adversa, foram instruídos a descontinuar a suplementação.

RESULTADOS

Foram incluídos no estudo 34 adolescentes com obesidade. No entanto, quatro participantes não concluíram o protocolo e foram excluídos das análises. A amostra final foi composta por 30 adolescentes, sendo 20 do sexo feminino e 10 do sexo masculino, distribuídos em três grupos: 2g de óleo de abacate ($n=9$), 1g de óleo de abacate ($n=12$) e placebo ($n=9$) (Tabela 2). O tratamento foi bem tolerado e não apresentou efeitos adversos durante todo o período do estudo. Além disso, houve ausência de dados no R3D de alguns participantes, tanto nos três dias anteriores quanto após a intervenção, de modo que apenas 15 adolescentes (50%) apresentaram dados completos sobre a ingestão alimentar (Tabela 3). As tabelas apresentam os efeitos da suplementação com óleo de abacate em diferentes aspectos nutricionais de adolescentes com obesidade, incluindo a comparação dos níveis séricos de cálcio e vitamina D antes e após a suplementação, além das mudanças no consumo alimentar, com destaque para as variações nos nutrientes presentes no óleo, ingeridos no período pré e pós-intervenção.

Tabela 2. Alterações nas medidas antropométricas e nos valores séricos de cálcio e vitamina D antes e após a suplementação com óleo de abacate e placebo. São Paulo-SP, 2025.

Variáveis	Baseline (n = 30)						Grupo 2G (n = 9)						Grupo 1G (n = 12)						PLACEBO (n = 9)					
	Pré			Pós			Pré			Pós			Pré			Pós			Pré			Pós		
Antropometria																								
Peso (kg)	95,7	±	20,3	97,4	±	21,5	101,6	±	24,9	102,7	±	25,5	95,3	±	19,9	97,1	±	21,0*	90,4	±	15,4	91,8	±	15,3
Estatura (m)	1,6	±	0,1	1,6	±	0,1	1,6	±	0,1	1,6	±	0,1	1,6	±	0,1	1,6	±	0,1	1,6	±	0,1	1,7	±	0,1
IMC (kg/m²)	35,8	±	6,4	36,2	±	6,5	37,6	±	8,4	37,8	±	8,8	36,7	±	6,9	37,2	±	7,1	32,8	±	4,0	33,4	±	3,8
IMC/idade	1,5	±	0,5	1,5	±	0,6	1,6	±	0,5	1,7	±	0,5	1,4	±	0,5	1,6	±	0,7	1,4	±	0,5	1,3	±	0,5
Valores séricos																								
Cálcio(mg/dL)	9,4	±	0,3	9,7	±	0,3	9,5	±	0,4	9,8	±	0,3	9,2	±	0,2	9,6	±	0,3*	9,4	±	0,3	9,7	±	0,4
VitaminaD(ng/mL)	17,5	±	5,3	19,1	±	6,8	18,5	±	5,4	20,0	±	8,6	16,4	±	6,0	18,4	±	5,7	17,7	±	3,4	19,6	±	6,1

Valores “Pós” correspondem aos dados coletados após 12 semanas de intervenção. Valores em média ± desvio padrão. *p < 0,05.

Tabela 3. Alterações na ingestão total de nutrientes (alimentação + suplementação) antes e após a suplementação com óleo de abacate. São Paulo-SP, 2025.

Variáveis	Grupo 2G (n = 4)						Grupo 1G (n = 5)						PLACEBO (n = 6)					
	Pré			Pós			Pré			Pós			Pré			Pós		
Vitamina A (UI)	1741,4	±	955,4	1835,6	±	1738,9	1483,5	±	960,9	1257,5	±	707,5	2101,8	±	1522,2	1574,7	±	1589,2
Betacaroteno (mcg)	334,6	±	314,7	623,1	±	854,3	709,5	±	588,2	446,3	±	308,7	931,2	±	917,5	588,5	±	834,4
Vitamina D (mcg)	9,0	±	8,3	4,1	±	1,8	2,4	±	2,5	2,1	±	0,7	2,0	±	0,9	2,7	±	1,9
Cálcio (mg)	783,3	±	304,5	636,2	±	332,1	339	±	135,2	414,8	±	145,9	426,4	±	321,2	524,6	±	329,4
Ácido palmítico (g)	15,6	±	4,7	11,4	±	2,2	8,3	±	3,5	11	±	2,9	12,2	±	7,9	11,9	±	5
Ácido oleico (g)	21,8	±	6,8	17,3	±	3,7	14,6	±	7,2	16	±	3,7	18,2	±	11,6	17,7	±	7,5
Luteína e zeaxantina (mcg)	243,4	±	130,7	574	±	840,9	190,0	±	116,2	362,6	±	298	690,2	±	606,8	762,2	±	1309,8
Vitamina E (UI)	10,5	±	3,5	7,5	±	3,1	4,3	±	2	6,2	±	2,5	6,4	±	5,4	7,7	±	4,9
Ácido linoleico (g)	17,5	±	5,1	12,6	±	5,3	7,8	±	3,7	11,8	±	4,2	11,1	±	8,3	12,3	±	7,2

Valores "Pós" correspondem aos dados coletados após 12 semanas de intervenção. Valores em média + desvio padrão

A suplementação com óleo de abacate não teve efeito significativo sobre os níveis séricos de vitamina D em adolescentes com obesidade, nem resultou em aumento no consumo alimentar dessa vitamina ao longo do estudo. Observou-se aumento significativo nos níveis séricos de cálcio no grupo que recebeu 1g/dia de óleo de abacate ($p = 0,014$), enquanto a dose de 2g/dia não apresentou o mesmo efeito. Na análise pós-teste de Tukey, o Grupo 1 (1g de óleo de abacate) apresentou diferença significativa nos níveis séricos de cálcio em relação ao Grupo 2 (2g de óleo de abacate), com $p = 0,012$. A ingestão alimentar de cálcio permaneceu constante, sugerindo que a elevação nos níveis séricos de cálcio pode estar associada à suplementação.

O peso aumentou significativamente no grupo 1 g, enquanto estatura e IMC não apresentaram alterações significativas. Esses dados, incluindo outras medidas antropométricas, já foram detalhados em estudo publicado pelo nosso grupo. O resultado sugere que a suplementação com óleo de abacate não promoveu mudanças expressivas na composição corporal dos adolescentes durante o período estudado.³⁶

Uma análise detalhada dos nutrientes registrados no R3D, adicionando os nutrientes presentes no óleo nos grupos suplementados, não revelou aumento significativo no consumo desses nutrientes.

DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo indicam que a suplementação com óleo de abacate não teve impacto significativo nos níveis séricos de vitamina D em adolescentes com obesidade. No entanto, observou-se um efeito positivo nos níveis de cálcio, especialmente naqueles que receberam a dose de 1g/dia. Esse achado é reforçado pela análise do R3D, que não evidenciou aumento na ingestão alimentar de cálcio ao longo do estudo, sugerindo que a suplementação pode ter contribuído para a elevação dos níveis séricos desse mineral. Contudo, a ausência de um efeito similar na dose de 2g/dia levanta a hipótese de uma relação não linear entre a dose do suplemento e sua eficácia.

Embora estatisticamente significativo, o efeito observado deve ser interpretado com cautela, uma vez que os níveis séricos de cálcio são influenciados por diversos fatores, incluindo idade, IMC, exposição a poluentes, uso de medicamentos e hábitos de vida, como tabagismo, padrões alimentares, consumo de álcool e atividade física.³⁸ Mesmo que uma maior ingestão de cálcio possa estar associada a níveis séricos mais elevados, sua regulação é fortemente mediada pelo hormônio da paratireoide (PTH).

O PTH mantém a homeostase do cálcio ao estimular a reabsorção óssea osteoclástica e aumentar a conversão de 25(OH)D em 1,25(OH)₂D nos rins, promovendo, assim, a absorção intestinal de cálcio.³⁹ Em contraposição, a calcitonina reduz os níveis séricos de cálcio ao inibir a reabsorção óssea. Dessa forma, a concentração de cálcio no sangue não depende exclusivamente da ingestão dietética, mas sim de um complexo equilíbrio hormonal.⁴⁰

Nesse contexto, Ferrone et al.⁴¹ identificaram que, em indivíduos com menos de 38 anos, a 25(OH)D é um dos principais reguladores do PTH, destacando a relevância da vitamina D nesse processo. Adicionalmente, Byrne et al.⁴² demonstraram que os níveis séricos de cálcio podem permanecer estáveis, independentemente da ingestão dietética ou da suplementação, sugerindo que uma concentração sérica normal de cálcio não exclui a possibilidade de uma ingestão excessiva ou ineficaz.

A restrição da prática de atividade física moderada ou intensa (>3 vezes por semana) durante o estudo foi uma estratégia para minimizar interferências externas, uma vez que o exercício pode modular a secreção de PTH e, conseqüentemente, os níveis circulantes de cálcio.⁴³ No entanto, o IMC também pode desempenhar papel relevante nesse contexto. Estudos indicam que um aumento no IMC está associado a

elevações nos níveis de PTH, o que pode resultar em maior conversão de 25(OH)D em sua forma ativa e, consequentemente, em alterações na homeostase do cálcio.^{44,45}

Além disso, indivíduos com obesidade necessitam de doses mais elevadas de vitamina D para atingirem concentrações séricas equivalentes às de indivíduos eutróficos.⁴⁶ Embora não tenha sido identificado um aumento na ingestão dietética de vitamina D ao longo do estudo, a contribuição das fontes alimentares, mesmo as mais ricas, como peixes (5-25 µg/100 g), cogumelos (21,1-58,7 µg/100 g), líquen de rena (87 µg/100 g) e óleos de fígado de peixe (250 µg/100 g), podem não ser suficientes para promover elevações significativas nos níveis séricos dessa vitamina.^{47,48}

Fatores endógenos têm papel essencial na regulação do cálcio e da vitamina D. No entanto, o óleo de abacate pode influenciar positivamente o metabolismo desses nutrientes. Seus compostos bioativos não apenas auxiliam na absorção e utilização de cálcio e vitamina D, como podem contribuir para o manejo da obesidade e de comorbidades associadas à síndrome metabólica, fatores que impactam a biodisponibilidade desses micronutrientes.³¹⁻³⁵

A composição nutricional e fitoquímica do óleo de abacate está detalhada na Tabela 1. Uma colher de sopa (13 mL) desse óleo fornece uma ampla gama de nutrientes e fitoquímicos, incluindo beta-sitosterol (46,7 mg), betacaroteno (1,3 µg), luteína (0,2 mg), vitamina A (0,8 UI), vitamina E (1,6 UI) e ácidos graxos saturados (2,62 g), monoinsaturados (7,2 g) e poli-insaturados (1,49 g), sendo estes representados pelo ácido palmítico (2,5 g), ácido oleico (6,6 g) e ácido linoleico (1,4 g), respectivamente. Apesar da inclusão dos nutrientes do óleo na análise do consumo alimentar (Tabela 3) dos grupos suplementados com 1g e 2g, não houve aumento significativo na ingestão desses compostos. Ainda assim, a presença desses componentes no óleo de abacate pode influenciar a absorção e metabolismo de nutrientes essenciais, sugerindo a necessidade de investigações mais aprofundadas sobre os mecanismos pelos quais o óleo de abacate pode impactar a homeostase do cálcio e da vitamina D.

Carotenoides: betacaroteno e luteína

Os carotenoides desempenham um papel essencial na saúde humana, sendo amplamente reconhecidos como precursores do retinol (vitamina A). Além disso, evidências sugerem que níveis plasmáticos mais elevados de carotenoides estão associados a uma redução na adiposidade, maior perda de peso e melhora do perfil cardiometabólico em adolescentes com sobrepeso e obesidade.^{49,50}

Além de sua importância nutricional, a inclusão de fontes ricas em carotenoides na dieta pode otimizar sua absorção e biodisponibilidade. Estudos demonstram que tanto o consumo de 150g de abacate quanto de 24g de óleo de abacate podem aumentar significativamente a absorção de luteína (em até cinco vezes) e de betacaroteno (em até 15 vezes) a partir da refeição.⁵¹ Essa sinergia alimentar reforça o potencial do óleo de abacate como um veículo eficiente para a absorção de carotenoides dietéticos. Um exemplo prático desse efeito é a adição de óleo de abacate às saladas, que melhora a biodisponibilidade dos carotenoides presentes no tomate. O tomate, além de ser uma fonte rica de carotenoides, contém lisina (1,34%), vitamina C (0,76 µmol/g) e ácidos orgânicos, compostos que desempenham um papel importante na absorção do cálcio.⁵²⁻⁵⁵

A absorção do cálcio ocorre por dois mecanismos principais: o transporte transcelular ativo (saturável) e o transporte paracelular passivo (não saturável), ambos localizados no duodeno. A vitamina D é um fator crítico nesse processo, pois regula positivamente a expressão dos receptores de vitamina D (VDR), promovendo o transporte transcelular do cálcio através da membrana da borda em escova dos enterócitos. Nesse contexto, os carotenoides, como o betacaroteno, também podem influenciar a absorção de cálcio ao

estimular a síntese de ácido retinoico, que por sua vez ativa os receptores retinoides X (RXR). A ativação do RXR é essencial para a dimerização do VDR, um processo fundamental para a transcrição do gene TRPV6, que codifica proteínas transportadoras de cálcio.^{32,56}

Além disso, a regulação dos níveis de vitamina D pode estar comprometida em estados inflamatórios crônicos. Mangin et al.⁵⁷ sugerem que a inflamação crônica pode reduzir os níveis séricos de 25(OH)D, comprometendo sua função e, conseqüentemente, a absorção de cálcio. Nesse sentido, os carotenoides luteína e betacaroteno podem desempenhar um papel relevante, uma vez que demonstram capacidade de suprimir a geração de citocinas pró-inflamatórias.^{58,59} Esse efeito anti-inflamatório pode contribuir para a melhoria da biodisponibilidade da vitamina D e, indiretamente, para a homeostase do cálcio.

Vitamina A

Dado que as vitaminas A e D são lipossolúveis, é plausível que haja uma competição na sua absorção, sendo que um excesso de ambas pode impactar o equilíbrio metabólico. No entanto, níveis séricos adequados dessas vitaminas desempenham papel essencial na manutenção da integridade do microbioma intestinal. Evidências sugerem que a deficiência de vitamina A, de 1,25(OH)₂D ou dos receptores de vitamina D (VDR) pode resultar em disbiose, aumentando a suscetibilidade a lesões intestinais.^{60,61}

Como discutido anteriormente, a absorção do cálcio ocorre predominantemente no duodeno por meio de dois mecanismos: transporte transcelular ativo e transporte paracelular passivo. Tanto a vitamina A quanto a vitamina D influenciam esse processo ao regular a expressão de proteínas das junções estreitas, incluindo a zônula ocludente-1 (ZO-1), a ocludina e as claudinas. Essas proteínas desempenham papel fundamental na manutenção da barreira intestinal, prevenindo desequilíbrios na microbiota que poderiam comprometer indiretamente a absorção do cálcio.⁶²⁻⁶⁴

A disbiose intestinal tem sido amplamente associada a uma série de distúrbios metabólicos, incluindo a obesidade.⁶⁵ Nesse contexto, Wei et al.⁶⁶ analisaram o status da vitamina A em crianças em idade escolar e identificaram prevalência de sobrepeso, obesidade e síndrome metabólica de 10,1%, 6,7% e 3,5%, respectivamente. O estudo revelou associações estatisticamente significativas entre os níveis de vitamina A e marcadores antropométricos e metabólicos, incluindo IMC, perímetro da cintura, colesterol HDL e glicemia ($p < 0,05$). Além disso, 14,2% das crianças avaliadas apresentaram deficiência marginal de vitamina A, enquanto 2,8% foram classificadas com deficiência severa. Esses achados reforçam a importância do equilíbrio entre a ingestão e o metabolismo das vitaminas lipossolúveis, não apenas para a homeostase do cálcio e a saúde intestinal, mas também para a regulação de parâmetros metabólicos e o risco de distúrbios relacionados à obesidade.

Vitamina E

Stenzel et al.⁶⁷ investigaram os níveis séricos de antioxidantes em adolescentes com idade média de $17,31 \pm 1,34$ anos e identificaram uma correlação negativa entre os níveis de vitamina E e o perímetro da cintura. Além de sua conhecida propriedade antioxidante, Wong et al.⁶⁸ associaram a vitamina E, particularmente a forma de tocotrienol, ao controle do peso corporal, à regulação da inflamação e da pressão arterial, bem como à manutenção dos níveis de glicose sanguínea e colesterol. Esses achados sugerem que a vitamina E pode ser um potencial adjuvante no tratamento de condições clínicas associadas à obesidade e suas complicações metabólicas.

Além de suas funções antioxidantes, os componentes da vitamina E podem atuar como fitoestrógenos, contribuindo para a regulação dos níveis de estrogênio. O estrogênio, por sua vez, desempenha papel

fundamental na absorção duodenal de cálcio, por meio da modulação de receptores nucleares de fatores de transcrição, como os receptores de estrogênio α (ER α) e β (ER β). Esses receptores influenciam a expressão das proteínas TRPV6 e PMCA1b, ambas essenciais para o transporte de cálcio em células epiteliais duodenais.⁶⁹

A absorção adequada de cálcio depende não apenas do estrogênio, mas também da disponibilidade de vitamina D ativa. Doenças hepáticas crônicas, como a cirrose, podem comprometer sua ativação devido à disfunção da 25-hidroxilase, agravada pelo estresse oxidativo.³⁴ Nesse contexto, a vitamina E pode atuar como um aliado na saúde hepática, graças às suas propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, favorecendo o metabolismo da vitamina D.⁷⁰⁻⁷³

Além de sua participação na homeostase do cálcio e da vitamina D, a vitamina E também parece influenciar o metabolismo ósseo. Estudos indicam que a deficiência dessa vitamina, especialmente na forma de tocotrienol, pode estar associada à redução da calcificação óssea, enquanto sua suplementação demonstrou melhorar o teor de cálcio nos ossos.⁷⁴ Resultados semelhantes foram observados em pesquisas conduzidas por Smith et al.,⁷⁵ que relataram que uma dieta deficiente em vitamina E levou à hipocalcemia, hiperparatireoidismo secundário e perda óssea vertebral em ratos da linhagem Sprague-Dawley. Esses achados reforçam a relevância da vitamina E na manutenção da saúde óssea, além de seu papel metabólico e antioxidante.

Ácidos graxos: palmítico, oleico e linoleico

A ingestão de ácidos graxos monoinsaturados (MUFA) tem sido amplamente associada a benefícios metabólicos em indivíduos com obesidade, incluindo a melhora do perfil lipídico, a redução da pressão arterial, a modulação favorável da sensibilidade à insulina e um efeito cardioprotetor.⁷⁶ Entre as principais fontes dietéticas de MUFA, destacam-se o azeite de oliva (73%) e o óleo de canola (58%), mas a maior concentração desses ácidos graxos é encontrada no óleo de abacate, que contém aproximadamente 74% de MUFA.⁷⁷

A presença de gorduras em uma refeição, como as encontradas em óleos vegetais, pode potencializar a absorção da vitamina D3 (colecalfiferol), promovendo elevação significativa de seus níveis séricos.⁷⁸ Estudos sugerem que os ácidos graxos modulam o transporte do colecalfiferol na membrana basolateral dos enterócitos, influenciando sua biodisponibilidade. Em particular, o ácido oleico demonstrou aumentar a secreção de colecalfiferol em estudos *in vitro* com células Caco-2, além de estimular a síntese de quilomícrons, principais transportadores da vitamina D na circulação pós-absorção.^{79,80} Dessa forma, a absorção intestinal do colecalfiferol pode ser otimizada conforme a composição dos ácidos graxos presentes na dieta.

Como já mencionado, a vitamina D apresenta uma relação inversa com o IMC e com marcadores inflamatórios, como a interleucina-6 (IL-6) e a proteína C reativa (PCR).^{81,82} Embora os estudos em modelos animais apresentem evidências mais robustas, diversos ensaios clínicos sugerem que a suplementação de ácido linoleico pode contribuir para a melhora do IMC. Além disso, esse ácido graxo tem sido associado à redução dos níveis séricos de fator de necrose tumoral- α (TNF- α), interleucinas e PCR, indicando um possível efeito anti-inflamatório benéfico.⁸³⁻⁸⁷

Outro aspecto relevante é a influência do ácido linoleico na absorção de cálcio. Estudos demonstram que esse ácido graxo pode aumentar a permeabilidade paracelular em células Caco-2, possivelmente devido a alterações na distribuição da ocludina, uma proteína essencial para a integridade das junções estreitas.⁸⁸ Diferentemente do transporte transcelular ativo, que é regulado pela vitamina D, o transporte paracelular

do cálcio ocorre passivamente através das junções estreitas ao longo de todo o intestino delgado.⁸⁹ No estudo de Kelly et al.,⁹⁰ a suplementação de ácido linoleico por oito semanas resultou em aumento significativo ($P < 0,05$) na absorção de cálcio em ratos Wistar, em comparação ao grupo controle, sugerindo um possível mecanismo de regulação da homeostase mineral.

Os ácidos graxos podem potencializar a absorção de cálcio regulando a expressão de proteínas envolvidas nesse processo. Dietas ricas em MUFA estão associadas ao aumento da calbindina intestinal e da Cyp2r1, enzima responsável pela ativação da vitamina D.⁹¹ Além disso, há uma correlação positiva entre os níveis séricos de estradiol e a absorção de cálcio, sendo que a gordura dietética pode influenciar sua circulação. Esses achados destacam o papel dos ácidos graxos na regulação do metabolismo do cálcio e da vitamina D, contribuindo para a saúde óssea e a modulação inflamatória.^{92,93}

Beta-sitosterol

Gumede et al.⁹⁴ investigaram o efeito protetor do beta-sitosterol contra a disfunção metabólica em ratos Sprague-Dawley submetidos a uma dieta rica em frutose, simulando uma exposição precoce a dietas obesogênicas. O beta-sitosterol mostrou efeito preventivo significativo sobre a obesidade visceral, elevando os níveis plasmáticos de adiponectina e reduzindo as concentrações de insulina, auxiliando na prevenção da disfunção metabólica.

Estudos *in vitro* indicam que o beta-sitosterol exerce efeitos imunomoduladores, reduzindo a produção de TNF- α e IL-6, possivelmente por meio do aumento da captação de cálcio pelos neutrófilos.⁹⁵⁻⁹⁷ Quando combinado à vitamina D3, seu efeito foi potencializado, sugerindo uma ação complementar nas mesmas vias de sinalização.⁹⁸ Além disso, Kuhn et al.⁹⁹ observaram que ratos suplementados com vitamina D3 (25 μ g/kg) e beta-sitosterol apresentaram níveis plasmáticos, hepáticos e cutâneos significativamente mais elevados de vitamina D3, em comparação ao grupo controle, destacando o impacto dessa interação na biodisponibilidade da vitamina.

Assim como a vitamina A, o beta-sitosterol fortalece a barreira intestinal ao aumentar a expressão de proteínas de junção estreita (claudina, ocludina e ZO-1). Ma et al.¹⁰⁰ observaram que sua suplementação elevou a presença de *Lactobacillus* no intestino, reduzindo a incidência de alergias alimentares e melhorando a capacidade absorptiva. Esse efeito pode contribuir para a atenuação dos sintomas da alergia ao leite de vaca, uma importante fonte de cálcio na dieta.^{101,102}

Apesar de ter sido observada diferença estatística nos níveis séricos de cálcio, essa variação não possui relevância clínica significativa, uma vez que a calcemia é rigidamente controlada por mecanismos hormonais e pouco reflete o consumo dietético. Além disso, reconhece-se que o uso de uma amostra de conveniência e a avaliação da calcemia, isoladamente, representam limitações do presente estudo. Ainda assim, esses resultados fornecem uma base para futuras pesquisas com amostras maiores, permitindo uma análise mais robusta dos impactos dessa suplementação na absorção de cálcio e vitamina D.

CONCLUSÃO

A suplementação com 1g/dia de óleo de abacate promoveu aumento significativo nos níveis séricos de cálcio em adolescentes com obesidade, sem alterações na vitamina D ou no consumo alimentar desses nutrientes. Embora o efeito observado tenha sido discreto e não linear em relação à dose, os resultados sugerem que compostos bioativos presentes no óleo — como carotenoides, vitamina E, beta-sitosterol e ácidos graxos mono e poli-insaturados — possam exercer influência positiva sobre o metabolismo mineral.

Considerando a regulação multifatorial do cálcio e da vitamina D, e as limitações do tamanho amostral e do tempo de intervenção, novos estudos controlados, com maior poder estatístico e acompanhamento prolongado, são necessários para elucidar os mecanismos de ação e o potencial clínico do óleo de abacate como coadjuvante na modulação do metabolismo ósseo e mineral em adolescentes com obesidade

REFERÊNCIAS

1. Kelly LA, Lane CJ, Weigensberg MJ, Toledo-Corral CM, Goran MI. Pubertal changes of insulin sensitivity, acute insulin response, and β -cell function in overweight Latino youth. *J Pediatr*. 2011 Mar;158(3):442-6. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2010.08.046>
2. Cárdenas-Vargas E, Nava JA, Garza-Veloz I, Torres-Castañeda MC, Galván-Tejada CE, Cid-Baez MA et al. The influence of obesity on puberty and insulin resistance in Mexican children. *Int J Endocrinol*. 2018 Sep 3;2018:7067292. <https://doi.org/10.1155/2018/7067292>
3. Kostopoulou E, Tikka M, Rojas Gil AP, Partsalaki I, Spiliotis BE. Glucose tolerance and insulin sensitivity markers in children and adolescents with excess weight. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2021;25(19):5986-92. https://doi.org/10.26355/eurrev_202110_26876
4. Casavalle PL, Lifshitz F, Romano LS, Pandolfo M, Caamaño A, Boyer PM, Rodríguez PN, Friedman SM. Prevalence of dyslipidemia and metabolic syndrome risk factor in overweight and obese children. *Pediatr Endocrinol Rev*. 2014 Dec;12(2):213-23.PMID: 25581987
5. Pazin DC, da Luz Kaestner TL, Olandoski M, Baena CP, de Azevedo Abreu G, Kuschnir MCC et al. Association Between Abdominal Waist Circumference and Blood Pressure In Brazilian Adolescents with Normal Body Mass Index: Waist circumference and blood pressure in Adolescents. *Glob Heart*. 2020 Apr 3;15(1):27. <https://doi.org/10.5334/gh.779>
6. Song YM, Lee K. Eating behavior and metabolic syndrome over time. *Eat Weight Disord*. 2020;25(3):545-52. <https://doi.org/10.1007/s40519-019-00640-9>
7. Godala M, Krzyżak M, Maślach D, Gaszyńska E. Relationship between dietary behaviors and physical activity and the components of metabolic syndrome: A case-control study. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(11):6562. <https://doi.org/10.3390/ijerph19116562>
8. Kim YS, Hwang JH, Song MR. The association between vitamin D deficiency and metabolic syndrome in Korean adolescents. *J Pediatr Nurs*. 2018;38:e7–e11. <https://doi.org/10.1016/j.pedn.2017.11.005>
9. Kardas F, Yücel AD, Kendirci M, Kurtoğlu S, Hatipoğlu N, Akin L et al. Evaluation of micronutrient levels in children and adolescents with obesity and their correlation with the components of metabolic syndrome. *Turk J Pediatr*. 2021;63(1):48–58. <https://doi.org/10.24953/turkjpeds.2021.01.006>

10. Park Y, Han J. Mineral balance and metabolic syndrome in adolescents: Focus on calcium and phosphorus intake. *Healthcare (Basel)*. 2021;9(11):1525. <https://doi.org/10.3390/healthcare9111525>
11. Carrelli A, Bucovsky M, Horst R, Cremers S, Zhang C, Bessler M et al. Vitamin D storage in adipose tissue of obese and normal weight women. *J Bone Miner Res*. 2017 Feb;32(2):237-242. <https://doi.org/10.1002/jbmr.2979>
12. Da Silva GG, Pimenta LPS, Melo JOF, Mendonça HOP, Augusti R, Takahashi JA. Phytochemicals of avocado residues as potential acetylcholinesterase inhibitors, antioxidants, and neuroprotective agents. *Molecules (Basel, Switzerland)*. 2022;27(6):1892. <https://doi.org/10.3390/molecules27061892>
13. Mohd Ghazali N, Giribabu N, Salleh N. Mechanisms linking vitamin D deficiency to impaired metabolism: An overview. *Int J Endocrinol*. 2022 Jul 6;2022:6453882. <https://doi.org/10.1155/2022/6453882>
14. Schmitt EB, Nahas-Neto J, Bueloni-Dias F, Poloni PF, Orsatti CL, Petri Nahas EA. Vitamin D deficiency is associated with metabolic syndrome in postmenopausal women. *Maturitas*. 2018;107:97-102. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2017.10.006>
15. Quyyumi AA, Patel RS. Endothelial dysfunction and hypertension: cause or effect? *Hypertension (Dallas, Tex.: 1979)*. 2010;55(5):1092-1094. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.109.148957>
16. Mheidial, Patel R, Murrow J, Morris A, Rahman A, Fike L et al. Vitamin D status is associated with arterial stiffness and vascular dysfunction in healthy humans. *J Am Coll Cardiol*. 2011;58(2):186-192. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2011.02.051>
17. Jiang X, Peng M, Chen S, Wu S, Zhang W. Vitamin D deficiency is associated with dyslipidemia: a cross-sectional study in 3788 subjects. *Curr Med Res Opin*. 2019;35(6):1059-1063. <https://doi.org/10.1080/03007995.2018.1552849>
18. Christakos S, Dhawan P, Porta A, Mady LJ, Seth T. Vitamin D and intestinal calcium absorption. *Mol Cell Endocrinol*. 2011 Dec 5;347(1-2):25-9. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2011.05.038>
19. Tylavsky FA, Cowan PA, Terrell S, Hutson M, Velasquez-Meyer P. Calcium intake and body composition in African-American children and adolescents at risk for overweight and obesity. *Nutrients*. 2010 Sep;2(9):950-64. <https://doi.org/10.3390/nu2090950>
20. Jurimae J, Maestu E, Mengel E, Remmel L, Purge P, Tillmann V. Association between dietary calcium intake and adiposity in male adolescents. *Nutrients*. 2019 Jul;11(7):1454. <https://doi.org/10.3390/nu11071454>
21. Das S, Choudhuri D. Dietary calcium regulates the insulin sensitivity by altering the adipokine secretion in high fat diet induced obese rats. *Life Sci*. 2020;250:117560. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2020.117560>

22. Cormick G, Ciapponi A, Cafferata ML, Cormick MS, Belizán JM. Calcium supplementation for prevention of primary hypertension. *Cochrane Database Syst Rev.* 2022;1(1):CD010037. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010037.pub2>.
23. Chen JM, Wu TY, Wu YF, Kuo KL. Association of the serum calcium level with metabolic syndrome and its components among adults in Taiwan. *Arch EndocrinolMetab.* 2023;67(5):e000632. <https://doi.org/10.20945/2359-39970000000632>
24. Oliveira Marques S, Muller AP, Luciano TF, dos Santos Tramontin N, da Silva Caetano M, Luis da Silva Pieri B et al. Effects of avocado oil supplementation on insulin sensitivity, cognition, and inflammatory and oxidative stress markers in different tissues of diet-induced obese mice. *Nutrients.* 2022;14(14):2906. <https://doi.org/10.3390/nu14142906>
25. Carvajal-Zarrabal O, Nolasco-Hipolito C, Aguilar-Uscanga MG, Melo-Santiesteban G, Hayward-Jones PM, Barradas-Dermitez DM. Avocado oil supplementation modifies cardiovascular risk profile markers in a rat model of sucrose-induced metabolic changes. *Dis Markers.* 2014;2014:386425. <https://doi.org/10.1155/2014/386425>
26. Tan CX, Chong GH, Hamzah H, Ghazali HM. Hypcholesterolaemic and hepatoprotective effects of virgin avocado oil in diet-induced hypercholesterolaemia rats. *Int J Food SciTechnol.* 2018;53(12):2706-2713. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13880>
27. Márquez-Ramírez CA, Hernández de la Paz JL, Ortiz-Ávila O, Raya-Farias A, González-Hernández JC, Rodríguez-Orozco AR et al. Comparative effects of avocado oil and losartan on blood pressure, renal vascular function, and mitochondrial oxidative stress in hypertensive rats. *Nutrition.* 2018;54:60-67. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2018.02.024>
28. Tan CX, Tan SS, Tan ST. Influence of geographical origins on the physicochemical properties of Hass avocado oil. *J Am OilChem Soc.* 2017;94:1431-1437. <https://doi.org/10.1007/s11746-017-3042-7>
29. Nogueira-de-Almeida CA, Ued FD, Nogueira de Almeida CCJ, Almeida ACF, Del Ciampo LA, Ferraz IS et al. Nutritional profile and benefits of avocado oil (*Persea americana*): an integrative review. *Braz J Food Technol.* 2018;21:e2017214. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.21417>
30. Fulgoni VL 3rd, Dreher M, Davenport AJ. Avocado consumption is associated with better diet quality and nutrient intake, and lower metabolic syndrome risk in US adults: results from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2001-2008. *Nutr J.* 2013;12:1. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-12-1>
31. Niramitmahapanya S, Harris SS, Dawson-Hughes B. Type of dietary fat is associated with the 25-hydroxyvitamin D3 increment in response to vitamin D supplementation. *J Clin Endocrinol Metab.* 2011;96(10):3170-3174. <https://doi.org/10.1210/jc.2011-1518>
32. Mounien L, Tourniaire F, Landrier JF. Anti-obesity effect of carotenoids: Direct impact on adipose tissue and adipose tissue-driven indirect effects. *Nutrients.* 2019;11(7):1562. <https://doi.org/10.3390/nu11071562>

33. Varghese RT, Khasawneh K, Desikan RK, Subramaniam A, Weaver T, Nair GKV. Vitamin A and hydrochlorothiazide causing severe hypercalcemia in a patient with primary hyperparathyroidism. *J Investig Med High Impact Case Rep.* 2019;7:2324709619832966. <https://doi.org/10.1177/2324709619832966>
34. Dominguez LJ, Farruggia M, Veronese N, Barbagallo M. Vitamin D sources, metabolism, and deficiency: available compounds and guidelines for its treatment. *Metabolites.* 2021;11(4):255. <https://doi.org/10.3390/metabo11040255>
35. Feduniw S, Korczyńska L, Górski K, Zgliczyńska M, Bączkowska M, Byrczak M et al. The effect of vitamin E supplementation in postmenopausal women-a systematic review. *Nutrients.* 2022;15(1):160. <https://doi.org/10.3390/nu15010160>
36. Filizzola APL, Freiberg CK, Kobal PS, Silva SMCS da, Castro AGP de, Masquio DCL, Saied YH, Filho JOC, Ganen AP de P. Assessment of body composition in adolescents with obesity undergoing avocado oil supplementation. *O Mundo daSaúde.* 2024;48:e16002024. <https://doi.org/10.15343/0104-7809.202448e16002024P>
37. WHO Multicentre Growth Reference Study Group. WHO Child Growth Standards based on length/height, weight and age. *Acta PaediatrSuppl.* 2006;95(S450):76-85. <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.2006.tb02378.x>.
38. Babić Leko M, Pleić N, Gunjaca I, Žemunik T. Environmental factors that affect parathyroid hormone and calcitonin levels. *Int J Mol Sci.* 2021;23(1):44. <https://doi.org/10.3390/ijms23010044>
39. Goltzman D, Mannstadt M, Marcocci C. Physiology of the Calcium-Parathyroid Hormone-Vitamin D Axis. *Front Horm Res.* 2018;50:1-13. <https://doi.org/10.1159/000486060>
40. Dibaba DT, Xun P, Fly AD, Bidulescu A, Tsinoi CL, Judd SE et al. Calcium intake and serum calcium level in relation to the risk of ischemic stroke: findings from the REGARDS study. *J Stroke.* 2019;21(3):312-323. <https://doi.org/10.5853/jos.2019.00542>
41. Ferrone F, Pepe J, Danese VC, Fassino V, Cecchetti V, De Lucia F et al. The relative influence of serum ionized calcium and 25-hydroxyvitamin D in regulating PTH secretion in healthy subjects. *Bone.* 2019;125:200-206. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2019.05.007>
42. Byrne FN, Kinsella S, Murnaghan DJ, Kiely M, Eustace JA. Lack of correlation between calcium intake and serum calcium levels in stable haemodialysis subjects. *Nephron Clin Pract.* 2009;113(3):c162-c168. <https://doi.org/10.1159/000232597>
43. Lombardi G, Ziemann E, Banfi G, Corbetta S. Physical activity-dependent regulation of parathyroid hormone and calcium-phosphorous metabolism. *Int J Mol Sci.* 2020;21(15):5388. <https://doi.org/10.3390/ijms21155388>
44. Kamycheva E, Sundsfjord J, Jorde R. Serum parathyroid hormone level is associated with body mass index. The 5th Tromsø study. *Eur J Endocrinol.* 2004;151(2):167-172. <https://doi.org/10.1530/eje.0.1510167>

45. Drechsler C, Grootendorst DC, Boeschoten EW, Krediet RT, Wanner C, Dekker FW, Necosad Study Group. Changes in parathyroid hormone, body mass index and the association with mortality in dialysis patients. *Nephrol Dial Transplant*. 2011;26(4):1340-1346. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfq541>
46. Walsh JS, Bowles S, Evans AL. Vitamin D in obesity. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes*. 2017;24(6):389-394. <https://doi.org/10.1097/MED.0000000000000371>
47. Baur AC, Brandsch C, König B, Hirche F, Stangl GI. Plant oils as potential sources of vitamin D. *Front Nutr*. 2016;3:29. <https://doi.org/10.3389/fnut.2016.00029>
48. Benedik E. Sources of vitamin D for humans. *Int J Vitamin Nutr Res*. 2022;92(2):118-125. <https://doi.org/10.1024/0300-9831/a000733>
49. Grune T, Lietz G, Palou A, Ross AC, Stahl W, Tang G, Thurnham D, Yin SA, Biesalski HK. Beta-carotene is an important vitamin A source for humans. *J Nutr*. 2010;140(12):2268S-2285S. <https://doi.org/10.3945/jn.109.119024>
50. Guerendain M, Mayneris-Perxachs J, Montes R, López-Belmonte G, Martín-Matillas M, Castelloote AI et al. Relation between plasma antioxidant vitamin levels, adiposity and cardio-metabolic profile in adolescents: Effects of a multidisciplinary obesity programme. *Clin Nutr*. 2017;36(1):209-217. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2015.11.001>
51. Unlu NZ, Bohn T, Clinton SK, Schwartz SJ. Carotenoid absorption from salad and salsa by humans is enhanced by the addition of avocado or avocado oil. *J Nutr*. 2005;135(3):431-436. <https://doi.org/10.1093/jn/135.3.431>
52. Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J Agric Food Chem*. 2002;50(10):3010-3014. <https://doi.org/10.1021/jf020182a>
53. Martí R, Roselló S, Cebolla-Cornejo J. Tomato as a source of carotenoids and polyphenols targeted to cancer prevention. *Cancers*. 2016;8(6):58. <https://doi.org/10.3390/cancers8060058>
54. Eslami E, Carpentieri S, Pataro G, Ferrari G. A comprehensive overview of tomato processing by-product valorization by conventional methods versus emerging technologies. *Foods (Basel, Switzerland)*. 2022;12(1):166. <https://doi.org/10.3390/foods12010166>
55. Ford NA, Spagnuolo P, Kraft J, Bauer E. Nutritional composition of Hass avocado pulp. *Foods (Basel, Switzerland)*. 2023;12(13):2516. <https://doi.org/10.3390/foods12132516>
56. Meyer MB, Watanuki M, Kim S, Shevde NK, Pike JW. The human transient receptor potential vanilloid type 6 distal promoter contains multiple vitamin D receptor binding sites that mediate activation by 1,25-dihydroxyvitamin D3 in intestinal cells. *Mol Endocrinol (Baltimore, Md)*. 2006;20(6):1447-1461. <https://doi.org/10.1210/me.2006-0031>

57. Mangin M, Sinha R, Fincher K. Inflammation and vitamin D: the infection connection. *Inflamm Res*. 2014;63(10):803–819. <https://doi.org/10.1007/s00011-014-0755-z>
58. Cho KS, Shin M, Kim S, Lee SB. Recent advances in studies on the therapeutic potential of dietary carotenoids in neurodegenerative diseases. *Oxid Med Cell Longev*. 2018;2018:4120458. <https://doi.org/10.1155/2018/4120458>
59. Rzaiew J, Radzik T, Rebas E. Calcium-involved action of phytochemicals: carotenoids and monoterpenes in the brain. *Int J Mol Sci*. 2020;21(4):1428. <https://doi.org/10.3390/ijms21041428>
60. Ooi JH, Li Y, Rogers CJ, Cantorna MT. Vitamin D regulates the gut microbiome and protects mice from dextran sodium sulfate-induced colitis. *J Nutr*. 2013;143(10):1679–86. <https://doi.org/10.3945/jn.113.180794>
61. Lv Z, Wang Y, Yang T, Zhan X, Li Z, Hu H et al. Vitamin A deficiency impacts the structural segregation of gut microbiota in children with persistent diarrhea. *J Clin Biochem Nutr*. 2016;59(2):113–21. <https://doi.org/10.3164/jcbs.15-148>
62. Kong J, Zhang Z, Musch MW, Ning G, Sun J, Hart J et al. Novel role of the vitamin D receptor in maintaining the integrity of the intestinal mucosal barrier. *Am J PhysiolGastrointest Liver Physiol*. 2008;294(1):G208–16. <https://doi.org/10.1152/ajpgi.00215.2007>
63. Cantorna MT, Snyder L, Arora J. Vitamin A and vitamin D regulate the microbial complexity, barrier function, and the mucosal immune responses to ensure intestinal homeostasis. *CritRevBiochem Mol Biol*. 2019;54(2):184–92. <https://doi.org/10.1080/10409238.2019.1611734>
64. Areco VA, Kohan R, Talamoni G, Talamoni NG, Peralta López ME. Intestinal Ca²⁺ absorption revisited: A molecular and clinical approach. *World J Gastroenterol*. 2020;26(24):3344–64. <https://doi.org/10.3748/wjg.v26.i24.3344>
65. Bandopadhyay P, Ganguly D. Gut dysbiosis and metabolic diseases. *Prog Mol Biol Transl Sci*. 2022;191:153–74. <https://doi.org/10.1016/bs.pmbts.2022.06.031>
66. Wei X, Peng R, Cao J, Kang Y, Qu P, Liu Y et al. Serum vitamin A status is associated with obesity and the metabolic syndrome among school-age children in Chongqing, China. *Asia Pac J Clin Nutr*. 2016;25(3):563–70. <https://doi.org/10.6133/apjcn.2016.25.3.11>
67. Stenzel AP, Carvalho R, Jesus P, Bull A, Pereira S, Saboya C et al. Serum antioxidant associations with metabolic characteristics in metabolically healthy and unhealthy adolescents with severe obesity: an observational study. *Nutrients*. 2018;10(2):150. <https://doi.org/10.3390/nu10020150>
68. Wong SK, Chin KY, Suhaimi FH, Ahmad F, Ima-Nirwana S. Vitamin E as a potential interventional treatment for metabolic syndrome: evidence from animal and human studies. *Front Pharmacol*. 2017;8:444. <https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00444>

69. Nie X, Jin H, Wen G, Xu J, An J, Liu X et al. Estrogen regulates duodenal calcium absorption through differential role of estrogen receptor on calcium transport proteins. *Dig Dis Sci.* 2020;65(12):3502-13. <https://doi.org/10.1007/s10620-020-06076-x>
70. Iruzubieta P, Terán Á, Crespo J, Fábrega E. Vitamin D deficiency in chronic liver disease. *World J Hepatol.* 2014;6(12):901-15. <https://doi.org/10.4254/wjh.v6.i12.901>
71. Hasegawa T, Yoneda M, Nakamura K, Makino I, Terano A. Plasma transforming growth factor-beta1 level and efficacy of alpha-tocopherol in patients with non-alcoholic steatohepatitis: a pilot study. *Aliment Pharmacol Ther.* 2001;15(10):1667-72. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2036.2001.01083.x>
72. Sumida Y, Yoneda M. Current and future pharmacological therapies for NAFLD/NASH. *J Gastroenterol.* 2018;53(3):362-76. <https://doi.org/10.1007/s00535-017-1415-1>
73. Licata A, Zerbo M, Como S, Cammilleri M, Soresi M, MontaltoGet al. The role of vitamin deficiency in liver disease: To supplement or not supplement?. *Nutrients.* 2021;13(11):4014. <https://doi.org/10.3390/nu13114014>
74. Norazlina M, Ima-Nirwana S, Abul Gapor MT, Abdul Kadir Khalid B. Tocotrienols are needed for normal bone calcification in growing female rats. *Asia Pac J Clin Nutr.* 2002;11(3):194-9. <https://doi.org/10.1046/j.1440-6047.2002.00290.x>
75. Smith BJ, Lucas EA, Turner RT, Evans GL, Lerner MR, Brackett DJ et al. Vitamin E provides protection for bone in mature hindlimb unloaded male rats. *Calcif Tissue Int.* 2005;76(4):272-9. <https://doi.org/10.1007/s00223-004-0269-8>
76. Gillingham LG, Harris-Janzen S, Jones, PJ. Dietary monounsaturated fatty acids are protective against metabolic syndrome and cardiovascular disease risk factors. *Lipids.* 2011;46(3):209-228. <https://doi.org/10.1007/s11745-10-3524-y>
77. Makowske M, Feinman RD. Nutrition education: a questionnaire for assessment and teaching. *Nutrition Journal.* 2005;4(2):2. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-4-2>.
78. Dawson-Hughes B, Harris SS, Lichtenstein AH, Dolnikowski G, Palermo NJ, Rasmussen H. Dietary fat increases vitamin D-3 absorption. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics.* 2015;115(2):225-230. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2014.09.014>
79. Reboul E, Soayfane Z, Gonçalves A, Cantiello M, Bott R, Nauze M et al. Respective contributions of intestinal Niemann-Pick C1-like 1 and scavenger receptor class B type I to cholesterol and tocopherol uptake: in vivo v. in vitro studies. *The British Journal of Nutrition.* 2012;107(9):1296-1304. <https://doi.org/10.1017/S0007114511005315>

80. Gonçalves A, Gleize B, Roi S, Nowicki M, Dhaussy A, Huertas A et al. Fatty acids affect micellar properties and modulate vitamin D uptake and basolateral efflux in Caco-2 cells. *The Journal of Nutritional Biochemistry*. 2013;24(10):1751-1757. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2013.01.007>
81. Jablonski KL, Chonchol M, Pierce GL, Walker AE, Seals DR. 25-Hydroxyvitamin D deficiency is associated with inflammation-linked vascular endothelial dysfunction in middle-aged and older adults. *Hypertension (Dallas, Tex:1979)*. 2011;57(1):63-69. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.110.162551>
82. Bellia A, Garcovich C, D'Adamo M, Lombardo M, Tesaro M, Donadel G et al. Serum 25-hydroxyvitamin D levels are inversely associated with systemic inflammation in severe obese subjects. *Internal and Emergency Medicine*. 2013;8(1):33-40. <https://doi.org/10.1007/s11739-012-0807-0>
83. Bhattacharya A, Banu J, Rahman M, Causey J, Fernandes G. Biological effects of conjugated linoleic acids in health and disease. *The Journal of Nutritional Biochemistry*. 2006;17(12):789-810. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2006.04.004>
84. McCrorie TA, Keaveney EM, Wallace JM, Binns N, Livingstone MB. Human health effects of conjugated linoleic acid from milk and supplements. *Nutrition Research Reviews*. 2011;24(2):206-227. <https://doi.org/10.1017/S0954422411000116>
85. Dilzer A, Park Y. Implication of conjugated linoleic acid (CLA) in human health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2012;52(6):488-513. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.563128>
86. Kim JH, Kim Y, Kim Y, Park Y. Conjugated Linoleic Acid: Potential Health Benefits as a Functional Food Ingredient. *Annual Review of Food Science and Technology*. 2016;7:221-244. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-041715-033143>
87. Basak S, Duttaroy AK. Conjugated Linoleic Acid and Its Beneficial Effects in Obesity, Cardiovascular Disease, and Cancer. *Nutrients*. 2020;12(7):1913. <https://doi.org/10.3390/nu12071913>
88. Jewell C, Cashman KD. The effect of conjugated linoleic acid and medium-chain fatty acids on transepithelial calcium transport in human intestinal-like Caco-2 cells. *The British Journal of Nutrition*. 2003;89(5):639-647. <https://doi.org/10.1079/BJN2003857>
89. Wongdee K, Chanpaisang K, Teerapornpuntakit J, Charoenphandhu N. Intestinal Calcium Absorption. *Comprehensive Physiology*. 2021;11(3):2047-2073. <https://doi.org/10.1002/cphy.c200019>
90. Kelly O, Cusack S, Jewell C, Cashman KD. The effect of polyunsaturated fatty acids, including conjugated linoleic acid, on calcium absorption and bone metabolism and composition in young growing rats. *The British Journal of Nutrition*. 2003;90(4):743-750. <https://doi.org/10.1079/BJN2003892>

91. Wang Y, Dellatore P, Douard V, Qin L, Watford M, Ferraris RP et al. High fat diet enriched with saturated, but not monounsaturated fatty acids adversely affects femur, and both diets increase calcium absorption in older female mice. *Nutrition Research (New York, N.Y.)*. 2016;36(7):742-750. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2016.02.002>
92. Shapses SA, Sukumar D, Schneider SH, Schluskel Y, Brolin RE, Taich L. Hormonal and dietary influences on true fractional calcium absorption in women: role of obesity. *Osteoporosis International*. 2012;23(11):2607-2614. <https://doi.org/10.1007/s00198-012-2051-5>
93. Cao JJ, Gregoire BR. A high-fat diet increases body weight and circulating estradiol concentrations but does not improve bone structural properties in ovariectomized mice. *Nutrition Research (New York, N.Y.)*. 2016;36(4):320-327. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2015.11.004>
94. Gumedde NM, Lembede BW, Brooksbank RL, Erlwanger KH, Chivandi E. β -Sitosterol Shows Potential to Protect Against the Development of High-Fructose Diet-Induced Metabolic Dysfunction in Female Rats. *Journal of Medicinal Food*. 2020;23(4):367-374. <https://doi.org/10.1089/jmf.2019.0147>
95. Fang SH, Rao YK, Tzeng YM. Anti-oxidant and inflammatory mediator's growth inhibitory effects of compounds isolated from *Phyllanthus urinaria*. *Journal of Ethnopharmacology*. 2008;116(2):333-340. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.11.027>
96. Ding Y, Nguyen HT, Kim SI, Kim HW, Kim YH. The regulation of inflammatory cytokine secretion in macrophage cell line by the chemical constituents of *Rhus sylvestris*. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*. 2009;19(13):3607-3610. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2009.05.042>
97. Liz R, Zanatta L, Reis GO, Horst H, Pizzolatti MG, Silva, FR et al. Acute effect of β -sitosterol on calcium uptake mediates anti-inflammatory effect in murine activated neutrophils. *The Journal of Pharmacy and Pharmacology*. 2013;65(1):115-122. <https://doi.org/10.1111/jphp.12021>
98. Alappat L, Valerio M, Awad AB. Effect of vitamin D and β -sitosterol on immune function of macrophages. *International Immunopharmacology*. 2010;10(11):1390-1396. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2010.08.001>
99. Kuhn J, Brandsch C, Kiourtzidis M, Nier A, Bieler S, Matthäus B et al. Microalgae-derived sterols do not reduce the bioavailability of oral vitamin D3 in mice. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*. 2022. Advance Online Publication. <https://doi.org/10.1024/0300-9831/a000911>
100. Ma L, Ma Y, Liu Y. β -Sitosterol protects against food allergic response in BALB/c mice by regulating the intestinal barrier function and reconstructing the gut microbiota structure. *Food & Function*, 2023;14(10), 4456–4469. <https://doi.org/10.1039/D3FO00882K>
101. Canani RB, Sangwan N, Stefka AT, Nocerino R, Paparo L, Aitoro R et al. *Lactobacillus rhamnosus* GG-supplemented formula expands butyrate-producing bacterial strains in food allergic infants. *The ISME Journal*, 2016, 10(3), 742–750. <https://doi.org/10.1038/ismej.2015.164>

102. Cheow YQ, Arasu K, Wong SY, Khaw KY, Chong CW, Weaver C et al. Calcium food sources in primary school children with low calcium intakes in Kuala Lumpur. *Nutrition and Health*, 2023. Preprint. <https://doi.org/10.1177/02601060231155591>

Colaboradores

Colaboradores Kobal PS participou da concepção, desenho, análise, interpretação dos dados, revisão e aprovação da versão final do artigo; Castro AGP, Freiberg CK, Masquio DCL, da Silva SMC e Ganen AP participaram da concepção, desenho e aprovação final do artigo; Mello Filho CP colaborou por meio de análise e interpretação dos dados, redação e aprovação final.

Conflito de Interesses: Os autores declaram potencial conflito de interesse, uma vez que o estudo recebeu apoio financeiro da empresa Flor do Abacate Comércio e Indústria LTDA, fabricante do produto testado. Contudo, a empresa não teve influência na coleta, análise ou interpretação dos dados.

Recebido: 21 de março de 2025

Aceito: 07 de março de 2026