

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

MILENA FIGUEIREDO DE SOUSA

**IMPACTO DO CONSUMO DE UMA FÓRMULA DE FIBRAS
NOS PARÂMETROS ANTROPOMÉTRICOS, LIPÍDICOS E
NA FREQUÊNCIA INTESTINAL: UM ENSAIO CLÍNICO EM
HUMANOS E RATOS**

GOIÂNIA - GO
2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação Tese Outro*: _____

*No caso de mestrado/doutorado profissional, indique o formato do Trabalho de Conclusão de Curso, permitido no documento de área, correspondente ao programa de pós-graduação, orientado pela legislação vigente da CAPES.

Exemplos: Estudo de caso ou Revisão sistemática ou outros formatos.

2. Nome completo do autor

Milena Figueiredo de Sousa

3. Título do trabalho

IMPACTO DO CONSUMO DE UMA FÓRMULA DE FIBRAS NOS PARÂMETROS ANTROPOMÉTRICOS, LIPÍDICOS E NA FREQUÊNCIA INTESTINAL: UM ENSAIO CLÍNICO EM HUMANOS E RATOS

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a);
 - novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.
- O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Milena Figueiredo De Sousa, Discente**, em 20/05/2025, às 15:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Eduardo Ramirez Asquieri, Professora do Magistério Superior**, em 17/09/2025, às 17:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5264862** e o código CRC **25AF388B**.

MILENA FIGUEIREDO DE SOUSA

**IMPACTO DO CONSUMO DE UMA FÓRMULA DE FIBRAS
NOS PARÂMETROS ANTROPOMÉTRICOS, LIPÍDICOS E
NA FREQUÊNCIA INTESTINAL: UM ENSAIO CLÍNICO EM
HUMANOS E RATOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás – UFG, como exigência para obtenção do título de doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos, na área de concentração em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Prof^o. Dr. Eduardo Ramirez Asquieri

**Goiânia - GO
2025**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA

MILENA FIGUEIREDO DE SOUSA

**IMPACTO DO CONSUMO DE UMA FÓRMULA DE FIBRAS
NOS PARÂMETROS ANTROPOMÉTRICOS, LIPÍDICOS E
NA FREQUÊNCIA INTESTINAL: UM ENSAIO CLÍNICO EM
HUMANOS E RATOS**

Tese DEFENDIDA e APROVADA em 26 de março de 2025, pela Banca Examinadora
constituída pelos membros:

Prof^o Dr. Eduardo Ramirez Asquieri
Faculdade de Farmácia/UFG

Prof^a Dra. Clarissa Damiani
Universidade Federal de Goiás/UFG

Prof^o Dr. Diego Palmiro Ramirez Ascheri
Universidade Estadual de Goiás/UEG

Prof^a Dra. Maria Carolina de Almeida
Universidade Federal de Goiás/UFG

Prof^a Dra. Patricia Amaral Souza
Faculdade de Nutrição/UFG

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

SOUSA, MILENA FIGUEIREDO DE
IMPACTO DO CONSUMO DE UMA FÓRMULA DE FIBRAS NOS
PARÂMETROS ANTROPOMÉTRICOS, LIPÍDICOS E NA FREQUÊNCIA
INTESTINAL: UM ENSAIO CLÍNICO EM HUMANOS E RATOS
[manuscrito] / MILENA FIGUEIREDO DE SOUSA. - 2025.
CX, 110 f.

Orientador: Prof. Eduardo Ramirez Asquieri.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de
Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia
de Alimentos, Goiânia, 2025.

1. Fibra alimentar. 2. Hábitos alimentares saudáveis. 3. Prevenção
de Doenças. 4. Motilidade Intestinal. I. Asquieri, Eduardo Ramirez,
orient. II. Título.

CDU 664



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

ESCOLA DE AGRONOMIA

ATA DE DEFESA DE TESE

Ata Nº 220 da sessão de Defesa de Tese de **Milena Figueiredo de Sousa** que confere o título de **Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, na área de concentração em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Aos vinte e seis dias do mês de março de dois mil e vinte e cinco, a partir das oito horas, no Miniauditório da Faculdade de Farmácia, realizou-se a sessão pública de Defesa de Tese intitulada "IMPACTO DO CONSUMO DE UMA FÓRMULA DE FIBRAS NOS PARÂMETROS ANTROPOMÉTRICOS, LIPÍDICOS E NA FREQUÊNCIA INTESTINAL: UM ENSAIO CLÍNICO EM HUMANOS E RATOS". Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Doutor Eduardo Ramirez Asquieri (PPGCTA/UFG), com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professora Doutora Patrícia Amaral Souza (FANUT/UFG), membro titular externo, Professora Doutora Clarissa Damiano (EA/UFG), membro titular externo; Professora Doutora Maria Carolina de Almeida (IFG), membro titular interno e Professor Doutor Diego Palmiro Ramirez Ascheri (UEG), membro titular externo. Durante a arguição os membros da banca **não** fizeram sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Tese tendo sido a candidata aprovada pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Diego Palmiro Ramirez Ascheri, Usuário Externo**, em 15/10/2025, às 16:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Clarissa Damiano, Professor do Magistério Superior**, em 15/10/2025, às 17:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Eduardo Ramirez Asquieri, Professora do Magistério Superior**, em 15/10/2025, às 20:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Maria Carolina De Almeida, Usuário Externo**, em 16/10/2025, às 10:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Patrícia Amaral Souza, Professora do Magistério Superior**, em 22/10/2025, às 15:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5726009** e o código CRC **1D3742DC**.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me permitir realizar o sonho de cursar o doutorado e me dar forças em meio as dificuldades encontradas no caminho, por me fazer superar os meus limites e aumentar a minha fé.

Aos meus pais, Zenaide e Alberto por serem uma inspiração de força e persistência, esse título é nosso. Aos meus filhos, Maria Clara e Albert, agradeço todo amor, que me fortalece e me rege, cada passo dado é dedicado à vocês. Ao meu marido Jean, por sempre me apoiar e sonhar meus sonhos, obrigada pelo companheirismo e por acreditar em mim, mais que eu mesma.

Agradeço à minha cunhada e irmã, Kelly, ao meu sogro Suhail, por serem minha rede de apoio, por sempre terem uma palavra de motivação e fazerem parte do meu alicerce, com certeza sem vocês eu não conseguiria.

Agradeço aos meus amigos, colegas de trabalho e alunos, por me apoiarem, incentivarem e compreender meus momentos de ausência.

Agradeço ao meu orientador, Prof^o Dr. Eduardo Asquieri, por confiar em mim um trabalho tão importante para sua vida, por sempre ser paciente e me passar seus conhecimentos com tanta leveza e dedicação.

Agradeço à Dr. Karen Swezea, da Universidade Estadual do Arizona, por me receber no período do meu doutorado sanduíche em seu laboratório, obrigada por cada experimento e ensinamentos, pela sua calma e empatia.

Minha gratidão à coordenadora do PPGCTA-UFG, Prof^a Dr. Tatianne Ferreira, que me incentivou no início do doutorado à fazer o doutorado sanduíche, por ser sempre prestativa e me orientar em cada processo. Serei eternamente grata.

Agradeço à CAPES, pela financiamento da minha bolsa de intercâmbio, que me possibilitou adquirir novos conhecimentos, técnicas e uma experiência única.

Obrigada aos professores membros da banca avaliadora, pelas sugestões e observações que auxiliarão no meu crescimento profissional e pessoal. Pelo seu tempo dedicado em ler meu trabalho e participar desse tão momento importante para mim.

Por fim, agradeço à todos que de alguma forma contribuiu para que eu chegasse até aqui, foram anos de superação, dedicação e abdicção. Mas com certeza, tudo valeu à pena.

Milena Figueiredo de Sousa

SUMÁRIO

CAPÍTULO 01.....	7
INTRODUÇÃO	8
REFERENCIAL TEÓRICO	10
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
CAPÍTULO 02.....	34
ARTIGO 01: IMPACTO DO CONSUMO DE UMA FORMULAÇÃO DE FIBRAS SOBRE PARÂMETROS ANTROPOMÉTRICOS, LIPÍDICOS E FREQUENCIA INTESTINAL EM MULHERES ADULTAS: UM ENSAIO CLÍNICO	34
CAPÍTULO 03.....	67
ARTIGO 02: EXAMINATION OF A NOVEL DIETARY FIBER FORMULATION ON MORPHOLOGY AND NUTRITIONAL PHYSIOLOGY OF YOUNG MALE SPRAGUE-DAWLEY RATS FED A HIGH FAT DIET	67
CONSIDERAÇÕES FINAIS	106

LISTA DE SIGLAS

AGCC – Ácidos Graxos de Cadeia Curta

ATP – Adenosina Trifosfato

CF – Complexo de Fibras

CT – Colesterol Total

DCNT - Doenças Crônicas Não Transmissíveis

DCV - Doenças Cardiovasculares

DM - Diabetes Mellitus

DRC - Doença Renal Crônica

DRIs - Dietary Reference Intakes

FA – Fibra Alimentar

FAI - Fibras Alimentares Insolúveis

FAS - Fibras Alimentares Solúveis

GPCR - Receptores Acoplados à Proteína G

HDAC - Histona Desacetilase

HDL- High-density lipoprotein

IL – Interleucina

IMC – Índice de Massa Corporal

LDL- Low-density lipoprotein

PYY - Peptídeo YY

QFA - Questionário de Frequência Alimentar

RCQ - Relação Cintura/Quadril

TG – Triglicerídeos totais

TNF-a - Fator de Necrose Tumoral-a

VET - Valor Energético Total

RESUMO

A presente tese está estruturada em uma introdução geral e dois capítulos experimentais que abordam as fibras alimentares, suas propriedades e efeitos fisiológicos no organismo. A introdução apresenta uma revisão sobre os diferentes tipos de fibras, suas funções biológicas e o papel na prevenção de doenças crônicas. O primeiro capítulo descreve um ensaio clínico realizado com mulheres adultas, que avaliou o impacto do consumo diário de uma formulação composta por farinha de linhaça marrom, farelo e gérmen de trigo, farinha de semente de uva, psyllium e levedo de cerveja, durante 30 dias, sobre parâmetros antropométricos, perfil lipídico e frequência intestinal. A formulação apresentou alto teor de fibras (39,5 g/100 g) e, após a intervenção, observou-se leve redução do colesterol total, sem alterações significativas no peso corporal, índice de massa corporal e circunferência do quadril. A maioria das participantes relatou melhora na frequência evacuatória e na consistência das fezes, sugerindo efeito benéfico na motilidade intestinal e possível uso como suplemento preventivo da constipação. O segundo capítulo apresenta um estudo experimental em ratos Sprague-Dawley, que avaliou se a inclusão de um complexo de fibras semelhante poderia prevenir alterações metabólicas induzidas por dieta rica em gordura. Apesar de a dieta hiperlipídica ter causado aumento de adiposidade, triglicerídeos hepáticos e glicemia de jejum, a suplementação com o complexo de fibras não preveniu esses efeitos no modelo utilizado. Em conjunto, os resultados sugerem que o consumo de formulações ricas em fibras pode contribuir para a saúde intestinal e apresentar efeito discreto sobre o metabolismo lipídico, embora sua ação preventiva sobre distúrbios metabólicos dependa de fatores dietéticos e fisiológicos adicionais.

Palavras-chave: Fibra alimentar, hábitos alimentares saudáveis, Prevenção de Doenças, Motilidade Intestinal.

ABSTRACT

This thesis is structured into a general introduction and two experimental chapters addressing dietary fibers, their properties, and physiological effects on the body. The introduction provides an overview of fiber types, biological functions, and their role in preventing chronic diseases. The first chapter describes a clinical trial conducted with adult women to evaluate the effects of daily consumption of a fiber formulation composed of flaxseed flour, wheat bran and germ, grape seed flour, psyllium, and brewer's yeast for 30 days on anthropometric parameters, lipid profile, and bowel frequency. The formulation had a high fiber content (39.5 g/100 g), and after the intervention, a slight reduction in total cholesterol was observed, with no significant changes in body weight, body mass index, or hip circumference. Most participants reported improved bowel frequency and stool consistency, suggesting beneficial effects on intestinal motility and potential use as a supplement for constipation prevention. The second chapter presents an experimental study in Sprague-Dawley rats that evaluated whether inclusion of a similar fiber complex could prevent metabolic changes induced by a high-fat diet. Although the high-fat diet increased adiposity, liver triglycerides, and fasting glucose levels, fiber supplementation did not prevent these effects under the experimental conditions. Overall, the findings suggest that fiber-rich formulations may improve intestinal health and modestly influence lipid metabolism, though their preventive effects on metabolic disorders likely depend on additional dietary and physiological factors.

Keywords: Dietary fiber, healthy eating habits, Disease Prevention, Intestinal Motility.

CAPÍTULO 01

1 INTRODUÇÃO

Diversos fatores ao longo da história da humanidade contribuíram para a transição nutricional, modificando os hábitos e as escolhas alimentares, assim como o perfil nutricional da população. O elevado consumo de alimentos hipercalóricos e açucarados vêm contribuindo para o aumento da incidência de doenças (ARAVENA-RIVAS et al., 2024). O cenário epidemiológico tem como centro as Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT), gerando um problema de saúde pública (MARTINS et al., 2022; WANG et al., 2025). Dados do *Global burden of disease* (2017) relataram que a má alimentação estão relacionadas com 42% de óbitos por doenças cardiovasculares, 32% de diabetes mellitus tipo 2 e 7% de câncer (GBD, 2017).

A nutrição adequada é fundamental para a manutenção da saúde. Dessa forma, a alimentação saudável e equilibrada nutricionalmente, tanto em qualidade quanto em quantidade, tem por capacidade a promoção de saúde e prevenção de doenças (TRICHES, 2015). Muitos estudos já determinaram que a alimentação saudável tem capacidade de reduzir as chances de doenças, recomendando o consumo de alimentos *in natura* ou minimamente processados (LIMA JUNIOR, 2020; NISHI et al., 2024).

Nesse contexto, alimentos de origem vegetal como hortaliças e frutas são fontes importantes de fibras alimentares. Esses compostos são caracterizados por serem carboidratos não digeríveis por enzimas digestivas humanas, porém propiciam efeitos benéficos à saúde. A classificação das fibras alimentares baseia-se principalmente na sua solubilidade em água, dividindo-se em dois tipos principais: Fibras alimentares solúveis e fibras alimentares insolúveis. As fibras solúveis são compostas principalmente por inulina, β -glucanos, pectina, gomas e mucilagem. Por outro lado, a fibras insolúveis englobam celulose, hemicelulose, lignina e amido resistente (LIA et al., 2023; REN et al., 2023).

As fibras alimentares são componentes versáteis devidos as suas características tecnológicas, melhoram a textura, a reologia, a estabilidade sensorial e a vida útil dos alimentos. Dependendo de suas propriedades físico-químicas, como capacidade de retenção de água, capacidade de inchaço, capacidade de retenção de óleo, capacidade de gelificação e emulsificação, em muitos produtos alimentícios elas têm potencial para substituir lipídios, edulcorantes e farináceos. Ademais, apresentam atividade funcional, como capacidade de

emulsificar glicose e lipídios reduzindo sua absorção, apresenta potencial antioxidante, contribui na redução de risco de doenças do sistema digestório, reduzindo constipação, inflamação e câncer de cólon (LI et al., 2024; ROUTH; SRIVASTAVA, 2023).

O consumo regular de fibras alimentares é importante para manter o equilíbrio regular do corpo. Cada fração da fibra alimentar apresenta efeito de maneira diferente, destaca-se a capacidade da fibra alimentar solúvel em regular os níveis de glicose e redução do colesterol, enquanto a fibra alimentar insolúvel previne a constipação e reduz riscos de obesidade (LIU et al., 2024; WEI et al., 2024).

A fração insolúvel das fibras tem a capacidade de melhorar a saúde cardiovascular, pois estão relacionadas com a redução da pressão arterial, marcadores inflamatórios, além de contribuir no controle dos níveis glicêmicos e lipídicos. Não há explicações completamente claras sobre os efeitos hipolipemiantes, mas sugere-se que mecanismos decorrentes de sua ingestão, como retardamento do esvaziamento gástrico, aumento na liberação de sais biliares, melhora da microbiota intestinal e redução da absorção de lipídios são responsáveis pelos efeitos identificados (GHAVAMI et al., 2023).

Um dos desafios da indústria de alimentos é inovar e fornecer produtos alimentícios que atendam as necessidades dos consumidores, satisfazendo as necessidades nutricionais, além dos parâmetros sensoriais. A procura por alimentos ricos em nutrientes/fibras também vem sendo aumentada, visto que, as fibras desempenham várias funções importantes, atuando na saúde cardiovascular, intestinal, digestiva, por essas razões, se torna importante a inclusão delas em uma dieta equilibrada (PANNEERSELVAN et al., 2024). O baixo consumo desse polissacarídeo está relacionado com inflamação, aumento de resistência à insulina, estresse oxidativo e desequilíbrio da microbiota intestinal (CISTERNAS et al., 2024).

Considerando os diversos benefícios presentes nas fibras alimentares apresentado por estudos científicos, essa pesquisa teve como intuito desenvolver uma formulação de fibras associado ao levedo de cerveja e avaliar o seu consumo sobre os parâmetros antropométricos, bioquímicos e frequência intestinal em mulheres adultas, além de realizar um estudo em conjunto verificando os mesmos parâmetros em ratos.

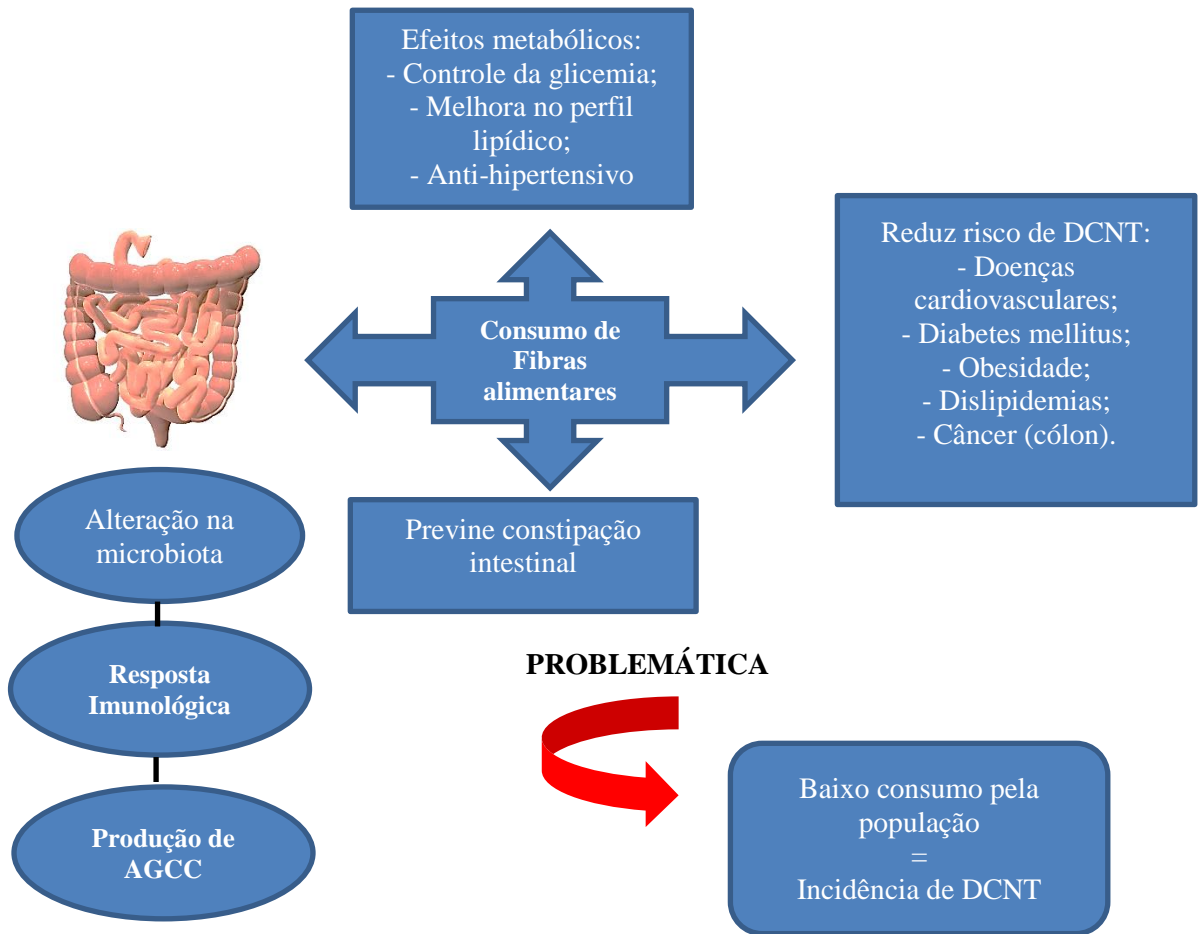


Figura 01 . Diagrama sobre a importância das fibras alimentares para a saúde e prevenção de doenças.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Fibras alimentares: Definição, caracterização e fontes

No Brasil, o novo estilo de vida da população tem influenciado diretamente os hábitos alimentares. Como consequência, a ingestão de alimentos fontes de fibras alimentares tem diminuído, em contrapartida ocorre um aumento no consumo de alimentos industrializados, ricos em gordura. As fibras dietéticas são componentes que geram benefícios na promoção de saúde e prevenção de DCNT relacionadas à alimentação (CARVALHO et al., 2020; NORTON et al., 2024).

Ainda não há uma definição exata sobre fibras alimentares, dentre as existentes e mais utilizadas, de acordo com o *Codex Alimentarius*, as fibras alimentares são polímeros de carboidratos, formadas por dez ou mais unidades de monossacarídeos, encontradas em alimentos de origem vegetal ou produzidas pela indústria. O organismo humano não é capaz de digeri-las, devido à ausência de enzimas intestinais (MEIRA et al., 2021). Evidências científicas demonstram que o consumo diário de 25 a 30g de fibras alimentares reduz a incidência de diabetes, dislipidemias e outras doenças cardiovasculares (PANNEERSELVAN et al., 2024; TOLVE et al., 2024).

As fibras alimentares são classificadas de acordo com a sua solubilidade em água, viscosidade e fermentação. Divididas em dois principais tipos: solúveis e insolúveis. As fibras solúveis, têm a capacidade de formar uma espécie de gel viscoso quando entram em contato com líquidos e são facilmente fermentadas pelas bactérias benéficas presentes no cólon intestinal. São exemplos de fibras solúveis as pectinas e gomas encontradas em frutas, hortaliças, psyllium e sementes. As principais fontes de fibra solúvel são cereais, como aveia, cevada e milho, frutas, como banana, maçã, abacate; hortaliças, como couve-flor, abobrinha, cenoura e sementes oleaginosas, como linhaça, chia, coco, amêndoas, castanhas e nozes (SECCO; SONCIM; FALSONI, 2021; REN et al., 2023).

As fibras insolúveis não são diluídas na presença de água, por isso não formam géis e possuem um potencial de fermentação menor. São exemplos a lignina, encontrada no aipo, e hemicelulose, na aveia. As principais fontes são as leguminosas como, feijão, soja, lentilha, cereais integrais, verduras folhosas, cascas e bagaços de frutas, vegetais e talos como brócolis e couve-flor (SECCO; SONCIM; FALSONI, 2021).

Em relação as propriedades físico-químicas das fibras alimentares, destaca-se características como viscosidade, fermentabilidade, solubilidade e capacidade de retenção de água. Essas características podem variar de acordo com o peso e estrutura molecular da partícula, assim como os seus efeitos no organismo (Ye et al., 2022). A utilização das fibras pela indústria de alimentos é crescente e valorizada, pois age como um valioso agente espessante, estabilizador e emulsificante, contribuindo para a textura e estabilidade de uma ampla gama de produtos (LIU et al., 2024).

2.2 Fibras alimentares e seus efeitos fisiológicos

O consumo regular de fibras alimentares como base da dieta humana é capaz de mitigar os efeitos negativos associados a obesidade e atua na redução do risco de surgimento de DCNTs. Essas atribuições resultam de efeitos como aumento da saciedade, redução da absorção de calorias, controle dos níveis de glicose sanguínea, prevenção da adiposidade e influência na composição do microbioma humano (TJAHJONO et al., 2024).

Conforme já descrito, as fibras alimentares são carboidratos não digeríveis pelas enzimas digestivas humanas, no entanto, são substâncias alimentares fermentáveis pelas bactérias da microbiota. O principal local de fermentação é o intestino grosso, por meio desse processo, são produzidos gases (metano e dióxido de carbono), lactato e Ácidos Graxos de Cadeia Curta (AGCC), como acetato, propionato e butirato (DAY et al., 2021; ARMSTRONG et al., 2023).

Na fermentação, a fibra possui função prebiótica, promovendo a produção de butirato, produto da fermentação em forma de Ácidos Graxos de Cadeia Curta (AGCC), o qual atua como imunomodulador intestinal (CRUZ et al., 2021). Os prebióticos são definidos como componentes alimentares capazes de propiciar modificações na composição ou no desempenho da microbiota intestinal, resultando em efeitos positivos à saúde. Porém, ressalta-se que nem toda fibra alimentar é considerada um prebiótico (SHAN et al., 2020). Ao contrário das fibras solúveis, as fibras insolúveis têm uma fermentação limitada no cólon (SILVA et al., 2021).

Os AGCC servem como substrato para a produção de energia no cólon, músculo e fígado, podendo participar na produção de Adenosina Trifosfato (ATP) por meio do ciclo do ácido cítrico. Um dos destaques importante, é que além de contribuir para a produção de energia, eles inibem o crescimento de bactérias patogênicas (Shah et al., 2020).

Outro efeito fisiológico resultante da liberação dos AGCC, é a redução do processo inflamatório, inibindo a atividade da Histona Desacetilase (HDAC) e ativando Receptores Acoplados à Proteína G (GPCR). Por meio da redução de citocinas inflamatórias, como a Interleucina (IL)-12, IL-6, IL-10 e o Fator de Necrose Tumoral- α (TNF- α) promovem efeito anti-inflamatório (HAN et al., 2023). Li et al. (2024) descrevem que a inflamação é uma resposta biológica complexa essencial para a defesa do hospedeiro, no entanto, o processo inflamatório crônico está relacionado ao surgimento de DCNT, como Diabetes Mellitus (DM), Doenças Cardiovasculares (DCV) e alguns tipos de câncer. O mecanismo inflamatório é mediado por diversos fatores, dentre eles, as células T são cruciais nas respostas inflamatórias. Nesse contexto, o consumo de grãos integrais pode exercer efeitos antiinflamatórios ao modular um subgrupo de células T.

No presente cenário mundial, um dos maiores problemas que vem acometendo a população são as dislipidemias, caracterizada quando os níveis lipídicos estão em inconformidade de acordo com os valores de referências. A alteração negativa do perfil lipídico é considerada quando os níveis de Colesterol Total (CT) apresentam-se igual ou superior a 240 mg/dL, LDL-colesterol igual ou superior a 160 mg/dL, HDL-colesterol igual ou inferior a 40 mg/dL e os níveis de Triglicerídeos (TG) igual ou acima de 200 mg/dL (ARVANITIS; LOWENSTEIN, 2023).

Uma meta-análise proposta por Ghavami et al. (2023) com 181 ensaios clínicos randomizados com uma população amostral de 14.505 participantes, suplementados com fibras solúveis, demonstraram uma redução significativa nos valores de LDL-colesterol, colesterol total (CT) e TGs. Em outra meta-análise proposta por Yao et al. (2014) uma suplementação composta por 10 g/d na ingestão total de fibra alimentar foi capaz de diminuir em 6% de redução no risco de DM tipo 2.

Ito et al. (2023) descreveram que devido a capacidade de retenção de água e o aumento do bolo fecal, as fibras alimentares contribuem para a motilidade intestinal, além de atuar na manutenção do epitélio colônico. Em seu estudo, foi avaliado o consumo de uma formulação de macarrão enriquecida com fibra por 59 adultos saudáveis com sobrepeso, durante 12 semanas, os resultados demonstraram que o Índice de Massa Corporal foi reduzido (27,0 kg/m² para 26,8 kg/m²), além de melhora significativa na frequência intestinal.

A presença de Fibra Alimentar (FA) no lúmen do cólon promove a secreção do peptídeo semelhante ao glucagon 1 (GLP-1) e peptídeo PYY (PYY). O primeiro é liberado pelas células L intestinais, atua favorecendo a secreção de insulina, estimula a hiperplasia no pâncreas, controla a síntese de glicogênio, além de aumentar a saciedade. Já o PYY atua como

“antiobesidade” através supressão do apetite e redução na ingestão de alimentos (He et al., 2022).

Outro estudo coorte prospectivo foi realizado por Heo et al. (2023), composto por 110.412 participantes durante 9,9 anos, no qual avaliaram o consumo dietético e a incidência de Doença Renal Crônica (DRC). Os resultados demonstraram que um total de 3.507 (3,2%) participantes desenvolveram DRC, quando associaram o consumo de fibra alimentar entre os participantes, concluíram que indivíduos com uma ingestão de fibras elevada apresentaram menor risco de DRC (HEO et al., 2023).

Uma pesquisa de coorte prospectivo com o objetivo principal de investigar as associações entre nutrição e saúde, bem como os comportamentos alimentares e seus determinantes, demonstrou que a ingestão de fibras alimentares foi inversamente associada ao risco de diversas doenças crônicas e à mortalidade. A ingestão de fibra solúvel foi associada a uma diminuição do risco de doença cardiovascular e câncer colorretal. Já as fibras insolúveis foram inversamente associadas à mortalidade por câncer (PARTULA et al., 2020). Contudo, o consumo regular das fibras alimentares estão relacionadas com o controle e prevenção do diabetes mellitus, redução do risco de câncer, antiobesidade e indispensável para a boa saúde intestinal (SHAN et al., 2020; He et al., 2022).

Para uma dieta saudável é necessário a inclusão de uma diversidade alimentar, composta de alimentos fontes de fibras, que são as frutas, os vegetais folhosos e tuberosos, os cereais integrais (CRUZ et al., 2021; MEIRA et al., 2021; NOGUEIRA et al., 2020). As Recomendações diárias de fibras alimentares para homens é de 30 gramas e para mulheres 21 gramas, baseado em uma dieta de 2000 kcal, para pessoas acima de 50 anos, de acordo com as Dietary Reference Intakes (DRIs) do Institute of Medicine (SILVA et al., 2019).

2.3 Relação da ingestão de fibras e o funcionamento intestinal

O intestino humano compreende parte do sistema digestório, é um órgão extenso, executando importantes funções de digestão, absorção e excreção. O tecido epitelial do intestino é formado por diversas camadas, sobre elas, são encontradas as vilosidades. Associado ao intestino, existe uma grande quantidade de tecido linfático, o que lhe confere atribuições associadas ao sistema imunológico (FRANCA et al., 2021).

O intestino humano é dividido em intestino delgado e intestino grosso. A porção do intestino delgado é dividida em duodeno, jejuno e íleo, ele é importante por executar a maior

parte da digestão e absorção de nutrientes, além de absorver água, minerais e vitaminas (Figura 2). Já no intestino grosso, apresenta regiões denominadas como ceco, cólon, reto e canal anal; nesse local ocorre grande parte da fermentação bacteriana, absorção de água e eletrólitos. Os movimentos realizados pelo intestino para a locomoção do quimo/bolo fecal são chamados de peristálticos (TORTORA; DERRICKSON, 2017).

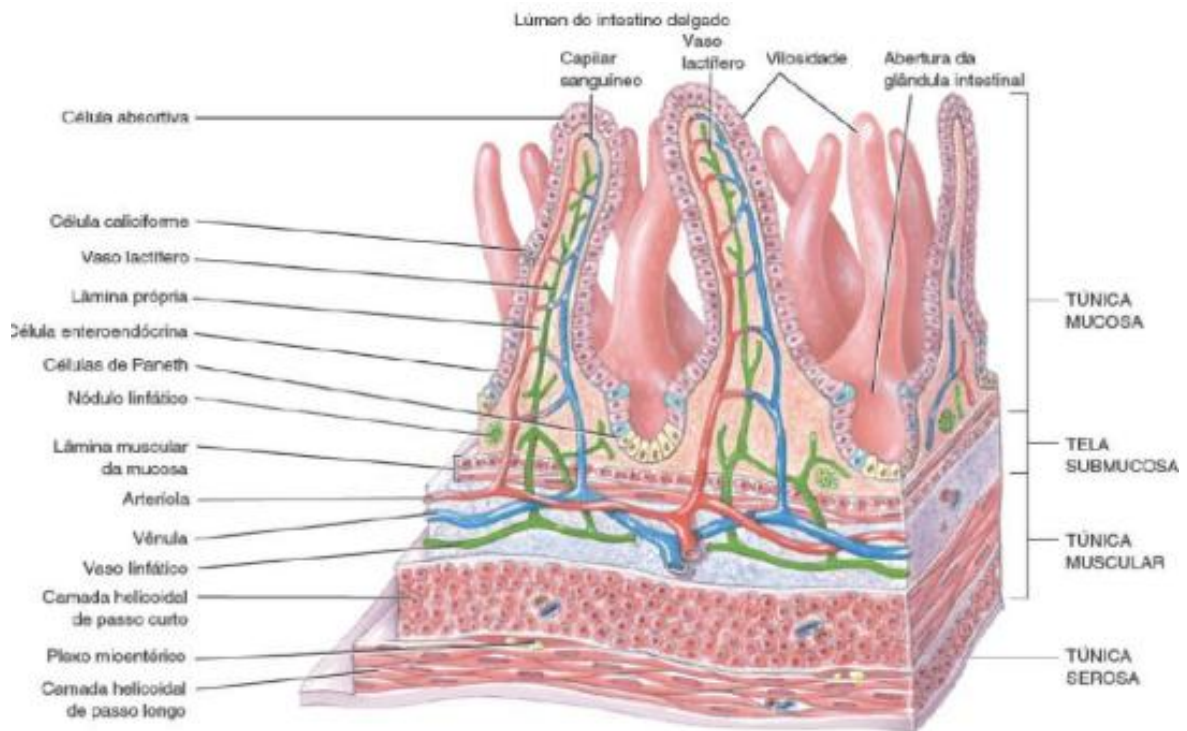


Figura 2. Camadas do intestino delgado, com ênfase nas microvilosidades.

O consumo regular de fibras alimentares podem regular a saúde intestinal, pois são capazes de alterar a composição e o metabolismo bacteriano, aumentar a síntese da mucosa intestinal e acelerar a motilidade. Dentre os AGCC, o ácido butírico apresenta diversas propriedades anti-inflamatórias intestinais, auxilia na redução de permeabilidade colônica, sendo considerado um importante fator inflamatório, ademais, esse componente também é amplamente utilizado como fonte de energia pelos colonócitos, promovendo crescimento e renovando o epitélio do cólon (MILAJERDI et al., 2021; CHRISTENSEN et al., 2024).

O corpo humano apresenta milhares de microorganismos, sejam eles presentes na superfícies, quanto em cavidades conectadas ao meio externo. A microbiota é dotada de microorganismos que colonizam o intestino, fazendo parte funcional e sendo primordiais para os processos fisiológicos, relacionados com o binômio saúde e doença. Um dos novos interesses da ciência clínica é manter a diversidade da microbiota, a fim de prevenir doenças

e proteger a saúde (ÁLVAREZ et al., 2022).

A constituição do microbiota humano se desenvolve no nascimento, seguindo o padrão de desenvolvimento e é influenciado pela disponibilidade de nutrientes e do momento da oferta de alimentos sólidos. A interação entre microorganismos e o seu hospedeiro é extremamente importante para o fortalecimento e maturação do sistema imunológico, em adultos, 90% das bactérias intestinais pertencem aos filos *Bacteroidetes* e *Firmicutes* (ÁLVAREZ et al., 2022; LALLI et al., 2024).

Compondo a microbiota, grupos Clostridia IV, XIV e XVIII são importantes para a regulação de células T reguladoras, tipo importante de leucócito para a homeostase. Células do tipo T intraepiteliais (CD4⁺ CD8aa⁺) necessitam de microorganismos específicos no lúmen intestinal, como *Lactobacillus reuteri*, para se desenvolver (ROYER et al., 2023).

Nesse âmbito, a frequência intestinal está relacionada com a composição do microbioma, em contraste, a constipação intestinal (caracterizada por evacuação de fezes duras e secas 3 vezes ou menos por semana) está relacionada com o aumento de toxinas intestinais, que impactam negativamente, predispondo os indivíduos à problemas renais, demência, contribuem para o envelhecimento e à inflamação (JOHNSON-MARTINEZ et al., 2024).

As células epiteliais do intestino se originam a partir de células tronco na região da cripta, migram para a superfície e compoem as vilosidades intestinais. A apoptose fisiológica e a descamação epitelial ocorrem de forma natural, no entanto, processos inflamatórios aceleram esse processo, causando a morte excessiva das células (YU, 2024).

A obesidade é uma doença que causa impacto na microbiota intestinal e conseqüentemente no sistema imunológico. A microbiota intestinal é alterada em obesos, causando um aumento na permeabilidade no epitélio intestinal, facilitando a passagem de bactérias que ativam macrófagos, promovendo uma resposta imune inata e a produção de citocinas inflamatórias, resultando em inflamação sistêmica crônica (HASEGAWA et al., 2024). Segundo Moerings et al. (2024), as fibras alimentares protegem a saúde intestinal, atuando como uma barreira adequada e contribuindo para a imunidade da mucosa, mecanismo este que envolve as células imunes associadas ao tecido linfoide, esses associado ao intestino e/ou células epiteliais.

Estudos realizados com camundongos sob uma dieta exclusiva de fibras alimentares, demonstraram a destruição do muco colônico, contribuindo para o surgimento da colite letal, isso ocorre devido a modificações de bactérias da microbiota, elevando o número de bactérias degradadoras de mucina (PEREIRA et al., 2024). Portanto, a constituição da microbiota é diretamente influenciada pela dieta alimentar e seus componentes, ela coloniza a camada de

muco colônico (tem como principal componente a Mucina-2) e torna-se responsável pelo tecido epitelial normal, além da produção de muco impenetrável (RABA et al., 2024; WANG et al., 2025).

Um estudo demonstrou que a suplementação de 10g de fibra alimentar foi capaz de melhorar a frequência intestinal e o tipo das fezes em adultos com constipação intestinal crônica (VAN DER SCHOOT et al., 2022). Resultado similar foi encontrado em um ensaio clínico randomizado realizado por Kim et al. (2024) durante 12 semanas, com adultos obesos suplementados com fibra alimentar, em que foi identificado redução significativa na massa e gordura corporal, sugerindo o possível efeito antiobesidade das fibras.

Na dieta alimentar as fibras solúveis promovem bom funcionamento intestinal, combatendo sintomas de prisão de ventre. Devido sua capacidade de aumentar o volume fecal, estimular o peristaltismo, promover a redução do risco de câncer de cólon, constipação, prevenção de diverticulite, e risco de infecções, por garantir um bom funcionamento do intestino. Enquanto as fibras insolúveis, não se dissolvem em água e têm ação principalmente no aumento do volume das fezes. Isso significa que elas ajudam a adicionar volume ao bolo fecal, tornando mais volumoso e facilitando o trânsito intestinal (KHORASANIHA et al., 2023; ISAKOV et al., 2023).

O consumo de água e de fibras são um dos principais fatores para prevenir a constipação intestinal em adultos (ANDREOLI et al., 2018). A constipação é um sintoma, que em sua maioria é decorrente de um distúrbio ou doença intestinal, podendo também ser ocasionada por fatores extraintestinais (WANG et al., 2024). Sua etiologia muitas vezes pode não ser clara, pode estar envolvida com fatores emocionais, genéticos, hábitos alimentares, hormonais e uso de medicamentos. Ocorre principalmente com indivíduos do gênero feminino, é caracterizada pela alteração nos parâmetros fisiológicos de defecação, as fezes são endurecidas e não moldáveis, geralmente com 3 ou menos evacuações por semana (BARBOSA; SILVA; SOUZA, 2021; FREITAS; AMORIM, 2021).

Comumente o tratamento dá-se por meio da suplementação e/ou aumento do consumo de fibras alimentares na dieta, podendo ser associado ao uso de laxantes (KLAUS et al., 2015). A hidratação concomitante com o consumo de fibras, atuam contribuindo para a retenção de água no bolo fecal, aumento da motilidade intestinal e maior frequência de evacuações (SOUSA et al., 2019; GOMES et al., 2022).

2.4 Composição do complexo de fibras

Gérmen e farelo de trigo

O grão do trigo apresenta forma ovalada, suas partes são divididas em pericarpo, endosperma e gérmen (Figura 03). Através do processo de moagem, são resultantes o farelo e o gérmen, importantes matérias-primas para a indústria de alimentos, bem como rica nutricionalmente em fibras alimentares, que promovem efeitos funcionais à saúde humana (CONAB, 2017).

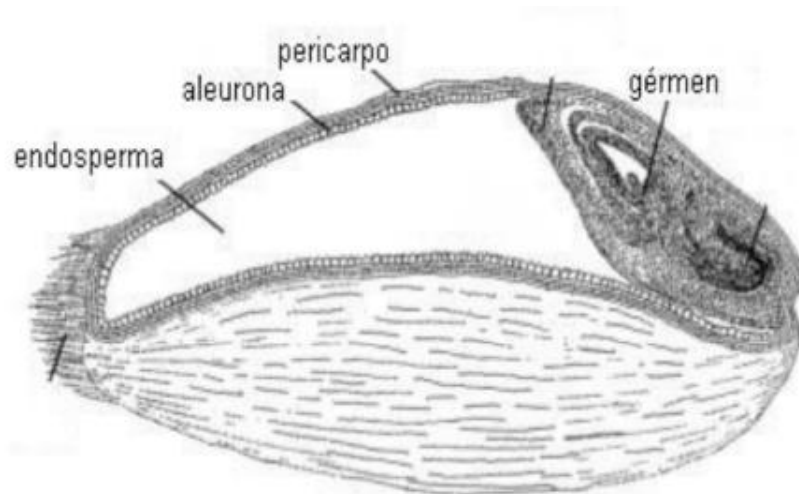


Figura 03. Estrutura do grão do trigo
Fonte: CONAB, 2017

O farelo de trigo representa o principal subproduto da moagem do trigo para a produção de farinha, abrigando uma rica fonte de nutrientes essenciais, fibras alimentares, vitaminas, minerais e compostos bioativos, é considerado uma promissora matéria-prima para a produção de vitamina B12, visando fortificar alimentos de origem vegetal carentes dessa vitamina. Além de ser rico em fibras insolúveis, como arabinosilano e celulose, sua composição contribui de maneira sinérgica para conferir ao farelo de trigo notáveis propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias (CHAMLAGAIN et al., 2024).

O farelo é a camada externa do grão de trigo, inclui as camadas de pericarpo, endosperma, aleurona e gérmen, representa uma parcela significativa, entre 14% e 19%, do grão total. Essa porção é rica em nutrientes essenciais e compostos bioativos, tais como polifenóis. O farelo de trigo desponta como uma fonte promissora de ingredientes funcionais e compostos fenólicos. Em termos de conteúdo proteico, o farelo de trigo apresenta uma média de 15,6%, destacando-se como uma fonte potencialmente valiosa de proteína vegetal. A distribuição dessa proteína no farelo de trigo não é uniforme, com a camada de aleurona

liderando com uma prevalência de 23%, seguida pela camada intermediária com 5,7% e a camada externa com 5,1%. É notável que a quantidade de proteína presente no farelo de trigo não apenas ultrapassa aquela presente na farinha branca, mas também demonstra uma proporção equilibrada de aminoácidos (XU et al., 2023).

As três camadas do farelo apresentam composições proteicas distintas, revelando diferenças intrigantes em suas funcionalidades por meio de análises proteômicas individuais. A camada externa sintetiza enzimas que fortificam a resistência dos tecidos e oferecem proteção contra infecções provocadas por diferentes patógenos. Já a camada intermediária exibe um proteoma mais diversificado, incluindo enzimas inibidoras direcionadas especificamente a enzimas patogênicas. Por sua vez, a camada de aleurona é composta principalmente por proteínas que participam de processos metabólicos. Enzimas de defesa e inibidoras atuam de maneira cooperativa para a proteção do embrião e do endosperma rico em nutrientes, empregando mecanismos de defesa próprios para cada camada (LIA et al., 2023).

Através da moagem do trigo para a sua utilização na indústria de alimentos, o gérmen é obtido, sendo então caracterizado como um subproduto. Diferentemente da grande parte dos cereais, contém alta concentração de compostos bioativos e nutrientes, como os carotenóides, tocoferóis, esteróis, proteínas e lipídios (ALAKE et al., 2023). Apesar disso, o gérmen de trigo, por compor dietas saudáveis, permanece sendo conhecido pela população estimando que anualmente 25 milhões de toneladas são produzidas no mundo. Porém, a grande parte é consumida de forma restrita e de baixo valor agregado, desperdiçando seus benefícios nutricionais e econômicos (LIU et al., 2024).

A proteína contida no gérmen de trigo pode ser comparável a dos ovos, pelo seu valor biológico, por isso é conhecido como “ovo de planta”, contendo de 26–35 g/100g de proteínas, 10–15 g/100g de lipídios, 1,5–4,5 g/100g de fibra e 4 g/100g de minerais. Sua proteína é composta em média de 30 g/100g de albumina, maior teor proteico, 18,9 g/100g de globulina, 14,0 g/ 100g de gliadina e 0,3% - 0,37 g/100g de glúten, e oito aminoácidos essenciais, dentre eles a lisina, histidina, leucina, isoleucina, valina e treonina possuem valores maiores aos recomendados pela FAO e OMS (TIAN et al., 2023).

As fibras presentes no gérmen de trigo contribuem para o aumento de algumas espécies de bactérias benéficas através de seu potencial prebiótico, são capazes de auxiliar na redução dos níveis inflamatórios e na modulação do sistema imunológico, através da produção de pósbióticos (ZHANG et al., 2023).

2.4.1 Linhaça marrom

A linhaça (*Linum usitatissimum L.*) é uma oleaginosa, grão oval, classificada de acordo com suas duas colorações, dourada e marrom, determinadas por fatores ambientais e genéticos. Há evidências que, de acordo com sua composição química não apresentam diferenças. Dessa forma, ao compará-las, a linhaça marrom é consumida em maiores quantidades e possui menor valor comercial (Figura 04) (MOURA et al., 2014).



Figura 04. Linhaça marrom.
Fonte: Noreen et al. (2024)

A linhaça marrom, é uma planta anual, típica de locais com clima quente e úmido, porém quando cultivado no Brasil, ocorre sua melhor adaptação em temperaturas baixas, preferencialmente no sul do país. No Brasil, são produzidas em média 21 toneladas ao ano (ROSSI et al., 2014). O grão da linhaça é o alimento de origem vegetal mais rico em ácido α -linolênico, além de ser fonte de lignanas, ácidos fenólicos, flavonóides, proteínas e de fibras solúveis e insolúveis (BARROSOL et al., 2014).

Pode ser consumido de diferentes formas, natural, processada, e até mesmo adicionada em alimentos, servindo de matéria prima, por seu um composto funcional, além da nutrição possuem efeitos no metabolismo. Seu consumo tem mostrado constante crescimento, devido aos seus benefícios na prevenção de DCNT, aumentando HDL e reduzindo LDL, auxiliando na saúde intestinal, em patologias como câncer e doenças ósseas. Possui também glicosídeos, que quando consumidos em altas quantidades, pode ser tóxico e cancerígeno (SANTOS et al., 2014).

2.4.2 Psyllium

Através da semente do *Plantago Ovata*, encontrada em desertos áridos do leste asiático, Irã, e outros países do Oriente Médio, encontra-se o psyllium, planta que necessita de temperatura moderada e fresca, solo com pH de 7 e 8 aproximadamente para desenvolver (GHOLAMI; PAKNAHAD, 2023). O psyllium é uma fibra com propriedade capaz de reter de água e se expandir rapidamente, formando géis, não digerível pelo organismo humano, sofrendo processo lento de fermentação pelas bactérias intestinais, produzindo compostos como butirato e propionato. A fibra é composta por arabinose e xilose, monossacarídeos formadores de arabinoxilanas. Sua casca moída é composta por ácidos urônicos, pentoses e hexoses (HEFNIA et al., 2018).

A semente do psyllium, é conhecida por orelha de cavalo (Isabgol), pela semelhança e pelo seu pequeno tamanho. Possui cerca de 200 espécies diferentes. Atualmente, o psyllium é utilizado pela indústria alimentícia, cosméticas e pela medicina, além do uso tradicional. Em produtos alimentícios, a adição de psyllium durante a produção de alimentos hipocalóricos e hipolipídicos, a substituir o glúten, como biscoito, iogurtes. Esses alimentos são um diferencial na comercialização (ABDULLAH et al., 2021).

Através da capa externa, obtém-se a mucilagem. A mucilagem do psyllium (Figura 05), é usada como suplementação nutricional, pela sua excelente fonte de fibras solúvel e insolúvel formadoras de polissacarídeos naturais, com efeito laxativo. Quando misturado com água, há a formação da mucilagem em gel (HARRIS et al., 2023).



Figura 05. Mucilagem do psyllium
Fonte: Estação dos grãos.com

A fibra é classificada como funcional, proporciona benefícios à saúde humana, conhecida como hepatoprotetora, a fibra é rica em antioxidantes, suas sementes, folhas e cascas possuem compostos fenólicos, atuam na saúde intestinal, na melhora da permeabilidade seletiva do intestino, melhorando distensão e constipação intestinal, redução do LDL,

colesterol total, glicemia, fatores de síndromes metabólicas e cardiovasculares, além de atuar na saciedade (FRANCO et al., 2020).

2.4.3 Farinha de semente de uva

A uva (*Vitis vinífera*) é uma baga em cachos, com variedades no formato, cor e sabor. Compõe a família vitaceae, o grupo das cormófitas, autótrofas, e é composta por raiz, caule, gavinhas, folhas, flores, frutos e sementes, tendo 30 a 40 anos de expectativa de vida. Sua composição química, é composta por água, açúcares solúveis, ácidos e compostos fenólicos, os quais proporcionam os benefícios a saúde. A uva é um alimento funcional com propriedades antioxidantes, antiinflamatórias, antimicrobianas e anticarcinogênicas, que pode ser consumido na sua forma natural ou em produtos processados pela indústria. A casca e a semente da uva, são compostas pelos compostos secundários, os quais também geram benefícios metabólicos e fisiológicos ao organismo humano através das propriedades bioativas quando acrescentados na dieta (AIRES et al., 2021).

A utilização da casca de uva como ingrediente alimentar tem sido sugerida recentemente devido ao seu valor nutricional e às suas propriedades funcionais, que são atribuídas aos elevados níveis de fibras alimentares, fenóis, flavonoides e outras substâncias antioxidantes presentes nela (DIFONZO et al., 2023). Apresenta quantidades significativas de minerais, vitaminas e compostos fenólicos. Estudos indicam que a semente de uva contém entre 40% e 70% de fibra, 16% de óleo, 11% de proteína e 7% de compostos fenólicos. Os compostos fenólicos desempenham uma função crucial na estabilidade oxidativa de produtos cárneos, servindo como importantes antioxidantes. Além disso, os antioxidantes presentes nas uvas desempenham um papel relevante na proteção contra doenças cardiovasculares e câncer (KURT, 2016).

As sementes de uva correspondem a cerca de 5% do peso total da fruta, representando aproximadamente 40% a 50% dos resíduos sólidos produzidos pelas diversas indústrias vinícolas durante o processo de vinificação (CHAMIZO-GONZALEZ et al., 2022). Essas sementes são uma fonte abundante de proteínas (aproximadamente 10–13%), oferecendo aplicações tecnológicas valiosas para várias indústrias, incluindo a alimentícia (DIFONZO et al., 2023). Elas podem ser utilizadas para modular atributos sensoriais e texturais, como viscosidade, geleificação, elasticidade, plasticidade, emulsificação, aroma, sabor e cor, entre outros, contribuindo para aprimorar a qualidade dos produtos alimentícios. Geralmente, as sementes de uva são reaproveitadas para a extração de óleo, que é caracterizado por um perfil lipídico rico em ácidos graxos poli-insaturados/monoinsaturados, e com baixo teor de ácidos

graxos saturados (CHAMIZO-GONZALEZ et al., 2022).

O subproduto da farinha de semente de uva (Figura 06) emerge como uma fonte econômica e renovável de proteínas, cada vez mais valorizada devido às suas aplicações tecnológicas promissoras, como proteção de cor em bebidas ricas em antocianinas (CHAMIZOGONZALEZ et al., 2022). Tanto o epicarpo quanto as sementes da uva têm sido aproveitados para a produção de farinha, oferecendo uma solução inovadora para a gestão de resíduos e trazendo importantes benefícios à saúde dos consumidores. Essa farinha pode ser empregada como ingrediente alimentar em uma variedade de produtos, incluindo panificação e confeitaria, destacando-se como uma alternativa sustentável e nutritiva (OPREA et al., 2022).



Figura 06. Farinha de semente de uva
Fonte: Santos-flora, 2025.

2.4.4 Levedo de cerveja

O levedo de cerveja é um fungo unicelulare, eucariótico, a maioria das células são ovais com diâmetro de 4-5 μ m, reproduzem por fissão binária ou brotamento. Utilizadas desde a antiguidade para produção de cervejas, pães e vinho, diferenciando-se a utilização de acordo com o tipo de cepa. As leveduras, são compostas por proteínas, glicoproteínas, polissacarídeos, polifosfatos, lipídios e ácidos nucleicos. Os polissacarídeos estão entre os principais compostos da sua parede celular, destacando os glucanos e mananos. (MACHÍN; CARRALERO; RODRÍGUEZ, 2016).

As leveduras são responsáveis pelo processo de fermentação, no qual o açúcar é convertido em energia, gás carbônico e etanol, pela regeneração de NAD⁺. Essa espécie é a mais conhecida nesse processo por ser a mais utilizada e pela sua resistência quando submetida ao pH e ao álcool. Possuem preferência por condições aeróbicas, mas são responsáveis pelo processo fermentativo em condições anaeróbicas, o qual quando feito de maneira correta, resulta na qualidade do produto. Sua inoculação no mosto cervejeiro é devido a essa preferência. O mosto cervejeiro é transformado no produto final através do agente biológico (OLIVEIRA; FREIRE, 2019).

A parede celular da levedura compreende de 15 a 30% do peso seco da levedura, possuindo 100-150 nm de espessura, eucarioto unicelular, a parede celular é composta por β -glucanos, quitina, manoproteínas e proteínas que se reticulam com glicanos e uma âncora glicolipídica, desses 90% é representado pelos β -glucanos e as manoproteínas, definidos como principais subprodutos junto a quitina. Os polissacarídeos, por apresentarem efeitos benéficos a saúde, estão sendo utilizados na composição de alimentos funcionais, nutracêuticos, e pelas indústrias cosméticas, por suas propriedades antioxidantes, anticoagulantes, espessantes emulsificantes e conservantes (WANG et al., 2018) (Figura 07).



Figura 07. Levedo de cerveja.
Fonte: Cerealistaonline.com

Gomes et al. (2021) enaltecem as propriedades nutricionais do levedo de cerveja, visto ao seu conteúdo de proteínas, fibras alimentares e vitaminas do complexo B. Esse componente torna-se uma opção rica para atender a demanda nutricional dos indivíduos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDULLAH, M. M.; ALDUGHPASSI, A. D. H.; SIDHU, J. S.; AL-FOUDARI, M. Y.; AL-OTHMAN, A. R. A. Effect of psyllium husk addition on the instrumental texture and consumer acceptability of high-fiber wheat pan bread and buns. **Annals of Agricultural Sciences**. v.66, n.1, June, p.75-80, 2021.
- AIRES, M. V. L.; MODESTO, R. M. G.; SANTOS, J. S. Os benefícios da uva na saúde humana: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, p.2811014-21825, 2021.
- ALAKE, S. E.; LIGHTFOOT, S.; WOZNIAK, K.; LIN, D.; CHOWANADISAI, W.; SMITH, B. J.; LUCAS, E. A. Wheat Germ Supplementation Reduces Inflammation and Gut Epithelial Barrier Dysfunction in Female Interleukin-10 Knockout Mice Fed a Pro- Atherogenic Diet. **The Journal of Nutrition**. v.153, p.870–879, 2023.
- ALVAREZ, et al. Gut microbes and health. **Gastroenterología y Hepatología**. v.44, p.519-535, 2022.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 16. ed. Arlington: AOAC, 2005.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 16 ed., v. 2, Maryland, 1997.
- ANDREOLI, C. S.; RIBEIRO-VIEIRA, S. A.; FONSÊCA, P. C. A.; MOREIRA, A. V. B.; RIBEIRO, S. M. R.; FRANCESCHINI, S. C. C. **Rev Nutr**. v.31, n.4, p.363-372, 2018.
- ARAVENA-RIVAS, Y.; HEILMANN, A.; WATT, R. G.; BROOMHEAD, T.; TSAKOS, G. Analysis of public records of lobbying practices of the ultra-processed sugary food and drink industries in Chile: a qualitative study. **The Lancet Regional Health-Americas**. v.35, p.100794, 2024.
- ARMSTRONG et al. Unfermented b-fructan Fibers Fuel Inflammation in Select Inflammatory Bowel Disease Patients. INFLAMMATORY BOWEL DISEASE-IBD. **Gastroenterology**. v.164, p.228–240, 2023.
- ARVANITIS, M. LOWENSTEIN, C. J. DYSLIPIDEMIA. **Annals of Internal Medicine**, v.176, n.6, p.81-96, 2023.
- BARBOSA, I. J.; SILVA, K. C. A.; SOUZA, M. R. L. Associação entre o consumo de fibras e a constipação intestinal em idosos de uma instituição de longa permanência. **Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento**. São Paulo. v. 15. n. 96. p.871-882. Set./Out. 2021.
- BARROSOL, A. K. M.; TORRES, A. G.; CASTELO-BRANCO, V. N.; FERREIRA, A.;

FINOTELLI, P. V.; FREITAS, S. P.; ROCHA-LEÃO, M. H. M. Linhaça marrom e dourada: propriedades químicas e funcionais das sementes e dos óleos prensados a frio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.1, p.181-187, jan, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Biblioteca Virtual em Saúde (BVS). **Vamos Falar Sobre Obesidade**, 2024.

BRASIL. Resolução RDC nº 18, de 4 de março de 1999. Dispõe sobre a regulamentação para produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumes. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 5 de mar. 1999.

CARVALHO, D. V.; GALLÃO, M. I.; DE BRITO, E. S. **Obesity and dietary fiber: emphasizing cashew fiber**. *Braz. J. of Develop.*, Curitiba, v. 6, n. 7, p. 43474-43488, jul. 2020.

CHAMLAGAIN, B.; EDELMANN, M.; KATINA, K.; VARMANEN, P.; PIIRONEN, V. Vitamin B12 production in solubilized protein extract of bioprocessed wheat bran with *Propionibacterium freudenreichii*. **LWT - Food Science and Technology**. v.192, 115731, 2024.

CHRISTENSEN, C.; KNUDSEN, A.; ARNESEN, E. K.; HATLEBAKK, J. G.; SLETTEN, I. S.; FADNES, L. T. Diet, Food, and Nutritional Exposures and Inflammatory Bowel Disease or Progression of Disease: an Umbrella Review. **Advances in Nutrition**. v.15, p.10219, 2024.

CHAMIZO-GONZALEZ, F.; HEREDIA, F. J.; RODRÍGUEZ-PULIDO, F. J. GONZALEZ-MIRET, M. L.; GORDILLO, B. Proteomic and computational characterisation of 11S globulins from grape seed flour by-product and its interaction with malvidin 3-glucoside by molecular docking. **Food Chemistry**. v.386, n.30, p.132842, 2022.

CISTERNAS et al. Impact of dietary fiber fraction of chia seed supplementation on hepatic steatosis and other metabolic disturbances in a high-fat diet model. **Journal of Functional Foods**. v.119, p.106329, 2024.

COLLABORATORS, G. B. D. D. Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: a systematic analysis for the global burden of disease study 2017. **Lancet**. v.393, p.1958-1972, 2019.

CONAB, **Companhia Nacional de Abastecimento**. A cultura do trigo / organizadores Aroldo Antonio de Oliveira Neto e Candice Mello Romero Santos. – Brasília: Conab, p.218, 2017.

COSTA, G. X. R.; CASTRO, K. C. E. **Estado nutricional e consumo alimentar de fibras como fatores de risco para doenças cardiovasculares em mulheres pós-menopausa**. *Brazilian Journal of Health Review*, Curitiba, v. 5, n. 3, p.8574-8583, may./jun., 2022.

CRUZ, G. L.; MACHADO, P. P.; ANDRADE, G. C.; LOUZADA, M. L. C. Alimentos ultraprocessados e o consumo de fibras alimentares no Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.26, n.9,

p.4153-4161, 2021.

Day, A. S. et al. The Adequacy of Habitual Dietary Fiber Intake in Individuals With Inflammatory Bowel Disease: A Systematic Review. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**. v.121, n.4, p.688 -708, 2021.

DIFONZO, G.; TROILO, M.; ALLEGRETTA, I.; PASQUALONE, A.; CAPONIO, F. Grape skin and seed flours as functional ingredients of pizza: Potential and drawbacks related to nutritional, physicochemical and sensory attributes. **LWT**. v.175, n.1, p.114494, 2023.

FRANCA et al. O efeito imunomodulador da microbiota intestinal, as consequências de seu desequilíbrio e a profilaxia probiótica. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**. São Paulo, v.7.n.9. set. 2021.

FRANCO, E. A. N.; SANCHES-SILVA, A.; RIBEIRO-SANTOSE, E.; DE MELO, N. R. Psyllium (*Plantago ovata Forsk*): From evidence of health benefits to its food application. **Trends in Food Science & Technology**. v.96, p.166-175, 2020.

FREITAS, A. R.; AMORIM, I. F. C. The influence of lifestyle habits on functional chronic intestinal constipation: an integrative review. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**. v.13, n.10, p.1-10, 2021.

GHAVAMI, et al. Soluble Fiber Supplementation and Serum Lipid Profile: A Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. **Advances in Nutrition**. v.14, p.465–474, 2023.

GHOLAMI, Z.; PAKNAHAD, Z. Effect of psyllium consumption on metabolic syndrome indices: Systematic review and dose–response meta-analysis of randomized controlled trials. **Journal of Functional Foods**. v.107, p.105685, 2023.

GOMES et al. Development and sensory evaluation of a hyperproteinbakery product using brewer's yeast as the main innovative ingredient. **Brazilian Journal of Development**. v.7, n.1, p.7352-7369, 2021.

GOMES et al. Hydration and Fibers: Two Pillars in the intestine health of the elderly. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v.8, n.2, p.11095-11118, 2022.

HASEGAWA, Y.; NOLL, A. L.; LANG, D. J.; AKFALY, E. M.; LIU, Z.; BOLLING, B. W. Low-fat yogurt consumption maintains biomarkers of immune function relative to nondairy control food in women with elevated BMI: A randomized controlled crossover trial. **Nutrition Research**. v.129, p.1–13, 2024.

HARRIS, H. C.; PEREIRA, N.; KOEV, T.; KHIMYAK, Y. Z.; YAKUBOV, G. E.; WARREN, F. J. The impact of psyllium gelation behaviour on in vitro colonic fermentation properties. **Food Hydrocolloids**. v.139, p.108543, 2023.

HE et al. Effects of dietary fiber on human health. **Food Science and Human Wellness**. v.11, p.1-10, 2022.

HEFNIA, A. F.; AYADB, A. Z.; MATEVC, N.; BASHIR, M. O. Intestinal obstruction caused by a laxative drug (Psyllium): A case report and review of the literature. **International Journal of Surgery Case Reports**. v.52, p.59-62, 2018.

HEO, G. Y.; KIM, H. J.; KALANTAR, D.; JUNG, C. Y.; KIM, H. W.; PARK, J. T.; CHANG, T. I.; YOO, T. H.; KANG, S. W.; RHEE, C. M.; KALANTAR-ZADEH, K.; HAN, S. H. Association between Fiber Intake and Risk of Incident Chronic Kidney Disease: The UK Biobank Study. **J Nutr Health Aging**. v.27, n.11, p.1018-1027, 2023.

ISAKOV, V. A.; PILIPENKO, V. I.; VLASOVA, A. V. KOCHETKOVA, A. A. Evaluation of the efficacy of Kombucha-based drink enriched with inulin and vitamins for the management of constipation-predominant irritable bowel syndrome in females: A randomized pilot study. **Current developments in nutrition**. v.7, p.112017, 2023.

ITO, et al. Effects of high-fiber food product consumption and personal health record use on body mass index and bowel movement. **Journal of Functional Foods**. v.102, p.105443, 2023.

JESUS, M. G. M.; MELO, T. J.; BASSOLI, B. K.; SEIXAS, F. R. F. **Intervenção nutricional para melhora do perfil antropométrico em atletas de crossfit**. Revista Brasileira de Nutrição Esportiva São Paulo, v. 18. n. 1 08. p .23-30. Jan./Fev. 2024.

JOHNSON-MARTINEZ et al. Aberrant bowel movement frequencies coincide with increased microbe-derived blood metabolites associated with reduced organ function. **Cell Reports Medicine**. v.5, p.101646, July, 2024.

KHORASANIHA, R.; OLOF, H.; VOISIN, A.; ARMSTRONG, K.; WINE, E.; VASANTHAN, T.; ARMSTRONG, H. Diversity of fibers in common foods: Key to advancing dietary research. **Food Hydrocolloids**. v.139, p.108495, 2023.

KIM et al. Effects of neoagarooligosaccharides on body fat and bowel movement indicators in overweight or obese adults: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. **Journal of Functional Foods**. v.121, p.106442, 2024.

KLAUS, J. H.; NARDIN, V.; PALUDO, J.; SCHERER, F.; BOSCO, S. M. D. The prevalence of and factors associated with constipation in elderly residents of long stay institutions. **Rev. Bras. Geriatr. Gerontol.**, v.18, n.4, p.835-843, 2015.

KURT, S. The Effects of Grape Seed Flour on the Quality of Turkish Dry Fermented Sausage (Sucuk) during Ripening and Refrigerated Storage. Korean. **J. Food Sci.** v.36, n.3, p.300-308, 2016.

LALLI, M. K.; SALO, T.E.I.; HAKOLA, L.; KNIP, M.; VIRTANEN, S.M.; VATANEN, T. Associations between dietary fibers and gut microbiome composition in the EDIA longitudinal infant cohort. **The American Journal of Clinical Nutrition**. 2024.

LI et al. Comprehensive modulatory effects of whole grain consumption on immune-mediated inflammation in middle-aged and elderly community residents: A real-world randomized controlled trial. **Redox Biology**. v.76, p.103337, 2024.

LI, X.; WANG, L.; TAN, B.; LI, R. Effect of structural characteristics on the physicochemical properties and functional activities of dietary fiber: A review of structure-activity relationship. **International Journal of Biological Macromolecules**. v.269, Part 2, p.132214, 2024.

LIA, C.; STUMPA, M.; WUB, W.; LIA, Y. **Exploring the chemical composition, antioxidant potential, and bread quality effects of the nutritional powerhouse: Wheat bran – A minireview**. Journal of Agriculture and Food Research. v.14, p.100898, 2023.

LIMA JUNIOR, L. C. **Alimentação saudável e exercícios físicos em meio à pandemia da covid-19**. Boletim de conjuntura (boca) ano II, vol. 3, n. 9, Boa Vista, 2020.

LIU, et al. Investigating the physicochemical characteristics and importance of insoluble dietary fiber extracted from legumes: An in-depth study on its biological functions. **Food Chemistry: X**. v.22, p.101424, 2024.

MARTINS, K. P. S.; SANTOS, V. G. LEANDRO, B. B. S.; OLIVEIRA, O. M. A. **Transição nutricional no Brasil de 2000 a 2016, com ênfase na desnutrição e obesidade**. ASKLEPION: Informação em Saúde, Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, p. 113-132, out. 2021/mar. 2022.

MEIRA, R. C. F.; CAPITANI, C. D.; BARROS FILHO, A. A.; BARROS, M. B. A.; ASSUMPÇÃO, D. **Contribuição dos diferentes alimentos segundo a classificação Nova para a ingestão de fibras alimentares em adolescentes**. Ciência & Saúde Coletiva, v.268, p.3147-3160, 2021.

MILAJERDI, A.; EBRAHIMI-DARYANI, N.; DIELEMAN, L. A.; R LARIJANI, B.; ESMAILLZADEH, A. Association of Dietary Fiber, Fruit, and Vegetable Consumption with Risk of Inflammatory Bowel Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Adv Nutr**. v.12, p.735–743, 2021.

MOERINGS et al. Rice-derived arabinoxylan fibers are particle size-dependent inducers of trained immunity in a human macrophage-intestinal epithelial cell co-culture model. **Current Research in Food Science**. v.8, p.100666, 2024.

MOURA, C. C.; PETER, N.; SCHUMACKER, B. O.; BORGES, L. R.; HELBIG, E. Biscoitos enriquecidos com farelo de linhaça marrom (*Linum usitatissimum* L.): Valor nutritivo e aceitabilidade. **Demetra**. v.9, n.1 p.71-81, 2014.

NISHI et al., ect of Nut Consumption on Blood Lipids: An updated Systematic Review and Meta-

analysis of Randomized Controlled Trials. **Journal Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases**. 2024.

NOGUEIRA, L. R.; SILVA, P. L.; MORIMOTO, J. M.; RICCI, R. MAXIMINO, P.; FISBERG, M. Consumo de fibras e dificuldades alimentares na infância: alimentos contribuintes e fatores associados. **Revista Saúde (Santa Maria)**. v.46, n.2, p.48311, 2020.

NORTON et al. “Wait, Do I Need More Fiber?” Exploring UK Consumers’ Dietary Fiber-Related Awareness and White Bread as a Viable Solution to Promote Subsequent Intake. **Current Developments in Nutrition**. v.8, p.104430, 2024.

OLIVEIRA, I.; FREIRE, K. Leveduras cervejeiras: o estado da arte. In book: Saúde Interativa Publisher: **Instituto Medeiros de Educação Avançada – IMEA**. (pp.1018-1039) Jan, 2019.

OPREA, O. B.; POPA, M. E.; APOSTOL, L.; GACEU, L. Research on the Potential Use of Grape Seed Flour in the Bakery Industry. **Foods**. v.11, p.1589, 2022.

PANNEERSELVAN, L.; RENGARAJAN, H. J. R.; KANDAIHAH, R.; BHAGWAT-RUSSELL, G.; PALANISAMI, T. Fibrous foes: First report on insidious microplastic contamination in dietary fiber supplements. **Environmental Pollution**. v.363, p.125248, 2024.

PARTULA, V.; DESCHASAU, M.; DRUESNE-PECOLLO, N.; LATINO-MARTEL, P.; DESMETZ, E.; CHAZELAS, E.; KESSE-GUYOT, E.; JULIA, C.; FEZEU, L. K.; GALAN, P.; HERCBERG, S.; MONDOT, S.; LANTZ, O.; QUINTANA-MURCI, L.; ALBERT, M. L.; DUFFY, D. Associations between consumption of dietary fibers and the risk of cardiovascular diseases, cancers, type 2 diabetes, and mortality in the prospective NutriNet-Santé cohort. **Am J Clin Nutr**. v.112, p.195–207, 2020.

PEREIRA et al. Opposing diet, microbiome, and metabolite mechanisms regulate inflammatory bowel disease in a genetically susceptible host. **Cell Host & Microbe**. v.32, n.527–542, April, 2024.

RABA et al. Metaproteomics reveals parallel utilization of colonic mucin glycans and dietary fibers by the human gut microbiota. **iScience**. v.27, n.6, p.11009, 2024.

REN, A.; CHEN, L.; ZHAO, W.; SHAN, S.; LI, Z.; TANG, Z. Extraction optimization and structural characterization of soluble dietary fiber in foxtail millet and its inhibitory activities on colon cancer. **Journal of Functional Foods**. v.107, p.105659, 2023.

ROSSI, L.; SIMAS, L. A. W. **Protocolo de avaliação antropométrica em Nutrição Estética e Saúde da Mulher**. Research, Society and Development, v. 13, n. 1, e13613144907, 2024.

ROUT, S.; SRIVASTAV, P. P. A concise review on the thermal and non-thermal extraction methods of dietary fiber and their implications on human health. **Food Chemistry Advances**. v.3, p.100466, 2023.

ROYER, C. J.; RODRIGUEZ-MARINO, N.; YACECZKO, M. D.; RIVERA-RODRIGUEZ, D. E.;

ZIEGLER, T. R.; CERVANTES-BARRAGAN, L. Low dietary fiber intake impairs small intestinal Th17 and intraepithelial T cell development over generations. **Cells reports**. v.42, n.10, p.113140, October, 2023.

SBC. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. **III Diretrizes Brasileiras Sobre Dislipidemias e Diretriz de Prevenção da Aterosclerose da Sociedade Brasileira de Cardiologia**. (2001). Arquivo Brasileiro de Cardiologia, v. 77, 2001.

SAFRAID, G. F.; PORTES, C. Z.; DANTAS, R. M.; BATISTA, A. G. **Perfil do consumidor de alimentos funcionais: identidade e hábitos de vida**. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 25, e2021072, 2022.

SANTOS, F. S.; ZANÃO JUNIOR, L. A.; DIAS, P. P.; SANTOS, R. F.; PEREIRA, N. Semeadura da linhaça marrom em diferentes espaçamentos. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.3, n.2, p. 166-176, 2014.

SECCO, M. L. M.; SONCIM, R. C.; FALSONI, R. M. P. **Os efeitos das fibras alimentares na dieta de idosos - Espírito Santo**. Cadernos Camilliani, Cachoeiro de Itapemirim – ES, v 18, n. 2, p. 2751-2764, junho, 2021.

SHAN, B. R.; LI, B.; SABBAH, H. A.; XU, H.; MRÁZ, J. Effects of prebiotic dietary fibers and probiotics on human health: With special focus on recent advancement in their encapsulated formulations. **Trends in Food Science & Technology**. v.102, p.178–192, 2020.

SILVA, G. M.; ASSUMPCÃO, D.; BARROS, M. B. A.; BARROS FILHO, A. A.; CORONA, L. P. Baixa ingestão de fibras alimentares em idosos: estudo de base populacional ISACAMP 2014/2015. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.26, n.2, p.3865-3874, 2021.

SILVA, G. M.; DURANTE, E. B.; ASSUMPCÃO, D.; BARROS, M. B. A.; CORONA, L. P. High prevalence of inadequate dietary fiber consumption and associated factors in older adults: a population-based study. **REV BRAS EPIDEMIOL**. v.22, p.190044, 2019.

SOUSA, V. B. B. et al. Constipação intestinal em crianças e a importância das fibras alimentares: Uma revisão da literatura. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**. v. 21, n. 561, p.1-9, 2019.

STRIBLING, P.; IBRAHIM, F. Dietary fibre definition revisited - The case of low molecular weight Carbohydrates. **Clinical Nutrition ESPEN**. v.55, 340-356, 2023.

TIAN, S.; MENG, F.; DU, K.; CHEN, Y. Biological activity evaluation and identification of different molecular weight peptides from wheat germ albumin. **LWT - Food Science and Technology**. v.189, p.115556, 2023.

TJAHJONO et al. HP inulin-MCT dietary fiber improves lipid metabolism and prevents non-alcoholic steatohepatitis in obese mice. **Journal of Functional Foods**. v.120, p.106367, 2024.

- TOLVE et al. Dietary fibers effects on physical, thermal, and sensory properties of low-fat ice cream. **LWT**. v.199, p.116094, 2024.
- TORTORA, G. J.; DERRICKSON, B. *Corpo humano: Fundamentos de anatomia e fisiologia*. 10ª edição. Artmed editor LTDA. Brasil, 2017.
- TRICHES, R. M. **Promoção do consumo alimentar sustentável no contexto da alimentação escolar**. *Trab. Educ. Saúde*, Rio de Janeiro, v. 13 n. 3, p. 757-771, set./dez. 2015.
- VAN DER SCHOOT, A.; DRYSDALE, C.; WHELAN, K.; DIMIDI, E. The effect of fiber supplementation on chronic constipation in adults: An updated systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **American Journal of Clinical Nutrition**. v.116, p.953–969, 2022.
- XU, S.; YU, Z.; LI, Z.; WANG, Z.; SHI, C.; LI, J.; WANG, F.; LIU, H. Wheat bran inclusion level impacts its net energy by shaping gut microbiota and regulating heat production in gestating sows. **Animal Nutrition**. v.15, p.45-57, 2023.
- ZHANG, Z.; CHENG, W.; LI, X.; WANG, X.; YANG, F.; XIAO, J.; LI, Y.; ZHAO, G. Extraction, bioactive function and application of wheat germ protein/ peptides: A review. **Current Research in Food Science**. v.6, p.100512, 2023;
- WANG et al. *Hericium erinaceus* insoluble dietary fiber alleviates obesity induced by high-fat diet through regulating the metabolic pathway influenced by gut microbiota. **Journal of Agriculture and Food Research**. v.19, p.101560, 2025.
- WANG et al. The impact of small intestinal bacterial overgrowth on the efficacy of fecal microbiota transplantation in patients with chronic constipation. **Clinical Microbiology**. v.15, n.10, 2024.
- WANG, J.; LI, M.; ZHENG, F. NIU, C.; LIU, C.; LI, Q.; SUN, J. Cell wall polysaccharides: before and after autolysis of brewer's yeast. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**. v.34, n.137, 2018.
- WEY, et al. Effect of γ -irradiation combined with enzymatic modification on the physicochemical properties of defatted rice bran dietary fiber. **Food Chemistry: X**. v.24, p.101975, 2024.
- Yao et al. Dietary fiber intake and risk of type 2 diabetes: A dose-response analysis of prospective studies. **European Journal of Epidemiology**. v.29, p.79–88, 2014.
- YE, S. SHAH, B. R.; LI, J.; LIANG, H.; ZHAN, F.; GENG, F.; LI, B. A critical review on interplay between dietary fibers and gut microbiota. **Trends Food Sci Technol**. v.124, p.237-49, 2022.

YU, H.; ANDREA L. N.; DAVID J. L.; ELIZABETH M. A.; ZHENHUA L.; BRADLEY W. B. Low-fat yogurt consumption maintains biomarkers of immune function relative to nondairy control food in women with elevated BMI: A randomized controlled crossover trial. **Nutrition Research**. v.129, p.1-13, 2024.

YU, L. C. Gastrointestinal pathophysiology in long COVID: Exploring roles of microbiota dysbiosis and serotonin dysregulation in post-infectious bowel symptoms. **Life Sciences**. v.358, p.123153, 2024.

CAPÍTULO 02

ARTIGO 01: IMPACTO DO CONSUMO DE UMA FORMULAÇÃO DE FIBRAS SOBRE PARÂMETROS ANTROPOMÉTRICOS, LIPÍDICOS E FREQUENCIA INTESTINAL EM MULHERES ADULTAS: UM ENSAIO CLÍNICO

Ciência e Saúde Coletiva

Milena Figueiredo de Sousa^a, Ana Vitória Morais de Souza^b, Eduardo Ramirez Asquieri^c

Submetido 13/03/2025

SUMÁRIO

Resumo	32
Abstract	33
Introdução	35
Métodos	37
Resultados	44
Discussão	47
Conclusão	55
Referencias	56

**IMPACTO DO CONSUMO DE UMA FORMULAÇÃO DE FIBRAS SOBRE
PARÂMETROS ANTROPOMÉTRICOS, LIPÍDICOS E FREQUENCIA
INTESTINAL EM MULHERES ADULTAS: UM ENSAIO CLÍNICO**

Milena Figueiredo de Sousa^{ab}, Ana Vitória Morais de Souza^b, Eduardo Ramirez Asquieri^a

^aFaculdade de Farmácia, Universidade Federal de Goiás/UFG.

^bFaculdade Morgana Potrich/FAMP.

Resumo

Evidências científicas vêm demonstrando há alguns anos que a redução de Doenças Crônicas Não Transmissíveis está associada a ingestão de fibras alimentares, que, por meio de diferentes mecanismos, proporcionam efeitos protetores à saúde humana. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar o impacto de uma formulação de fibras sob parâmetros antropométricos, perfil lipídico e frequência intestinal em mulheres adultas. Foi conduzido um ensaio clínico com a participação de mulheres que consumiram uma formulação de fibras durante 30 dias. A formulação de fibras desenvolvida apresentou em sua composição a farinha de linhaça marrom, farelo de trigo, gérmen de trigo, farinha de semente de uva, psyllium e levedo de cerveja, porcionados em 100g/dia. Foi realizada a análise centesimal da formulação previamente o ensaio clínico. No início do estudo foi avaliado o consumo alimentar das participantes, realizada a avaliação antropométrica e o perfil lipídico no dia 01 e no dia 30, e durante o decorrer da pesquisa, foi registrado a frequência de evacuações e o tipo de fezes. O conteúdo de fibra alimentar total da formulação estudada foi de 39,5g/100g, suprimindo a necessidades diárias de um indivíduo adulto. Após os 30 dias, foi possível observar que não houve alteração significativa no peso, IMC (Índice de Massa Corporal) e circunferência do quadril. Em relação ao perfil lipídico, notou-se uma redução nos valores de colesterol total do início e do final do estudo (185,2 mg/dL para 170,9 mg/dL). 90,3% das participantes relataram evacuação diariamente, sendo 34% do tipo 4 (considerado consistência normal/ adequada). O complexo de fibras não foi capaz de causar modificações no perfil antropométrico e apresentou leve redução do colesterol total. Os efeitos na motilidade intestinal foram demonstrados, podendo sugerir a formulação desenvolvida como potente suplemento

alimentar na prevenção da constipação.

Palavras-chave: Fibra alimentar, hábitos alimentares saudáveis, Prevenção de Doenças, Motilidade Intestinal.

Abstract

Scientific evidence has been demonstrating for some years that the reduction of Noncommunicable Chronic Diseases is associated with the intake of dietary fiber, which, through different mechanisms, provides protective effects on human health. This research aimed to evaluate the impact of a fiber formulation on anthropometric parameters, lipid profile and bowel frequency in adult women. A clinical trial was conducted with the participation of women who consumed a fiber complex associated with brewer's yeast for 30 days. The fiber complex developed had in its composition brown flaxseed flour, wheat bran, wheat germ, grape seed flour, psyllium and brewer's yeast, portioned at 100g/day. A centesimal analysis of the formulation was performed prior to the clinical trial. At the beginning of the study, the participants' food consumption was assessed, anthropometric assessment and lipid profile were performed on day 01 and day 30, and during the course of the research, the frequency of bowel movements and the type of feces were recorded. The total dietary fiber content of the formulation studied was 39.5 g/100 g, meeting the daily needs of an adult individual. After 30 days, it was possible to observe that there was no significant change in weight, BMI (Body Mass Index) and hip circumference. Regarding the lipid profile, a reduction in total cholesterol values was noted from the beginning to the end of the study (185.2 mg/dL to 170.9 mg/dL). 90.3% of the participants reported daily bowel movements, 34% of which were type 4 (considered normal/adequate consistency). The fiber complex was not able to cause changes in the anthropometric profile and showed a slight reduction in total cholesterol. The effects on

intestinal motility were demonstrated, which may suggest the developed formulation as a potent dietary supplement in the prevention of constipation.

Keywords: Dietary fiber, healthy eating habits, Disease prevention, Intestinal motility.

Introdução

O padrão alimentar da população brasileira ao longo dos anos sofreu transição nutricional, criando atualmente um paradoxo entre a desnutrição e a obesidade. Essas mudanças são multifatoriais, sendo influenciadas por fatores sociais, biológicos, demográficos e econômicos.¹ O atual consumo alimentar é caracterizado por uma alta ingestão de alimentos industrializados e em contrapartida a diminuição de alimentos *in natura*, indo contra as orientações de todos os guias e diretrizes de alimentação saudável. O cenário epidemiológico tem como centro as Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT), gerando um problema de saúde pública.²

A nutrição adequada, é determinante no bom estado de saúde nutricional. Dessa forma, a alimentação saudável e equilibrada nutricionalmente, tanto em qualidade quanto em quantidade, tem por capacidade a promoção de saúde e prevenção de doenças.³ Muitos estudos já determinaram que a alimentação saudável tem capacidade de reduzir as chances de doenças, recomendando o consumo de alimentos *in natura* ou minimamente processados.⁴

Nesse contexto, alimentos de origem vegetal como hortaliças e frutas são fontes importantes de fibras alimentares. Esses compostos são caracterizados por serem carboidratos não digeríveis por enzimas digestivas humanas, porém propiciam efeitos benéficos à saúde. A classificação das fibras alimentares baseia-se principalmente na sua solubilidade em água, dividindo-se em dois tipos principais: Fibras Alimentares Solúveis (FAS) e Fibras Alimentares Insolúveis (FAI). As fibras solúveis são compostas

principalmente por inulina, β -glucanos, pectina, gomas e mucilagem. Por outro lado, a fibras insolúveis englobam celulose, hemicelulose, lignina e amido resistente.⁵

As fibras atuam como prebióticas, sendo utilizadas pelas bactérias presentes no cólon intestinal do organismo humano para realização do processo de fermentação, produzindo ácidosgraxos de cadeia curta, utilizados como fonte de energia além de apresentarem efeitos protetores.⁶ Para a adequada manutenção da simbiose intestinal, as fibras solúveis insolúveis são importantes, favorecendo o equilíbrio entre bactérias benéficas e patogênicas, melhorando a saúde intestinal e reduzindo os riscos de doenças.⁷

De acordo com a RDC nº 18 de março de 1999, as fibras alimentares são consideradas alimentos funcionais, que se caracterizam por seus nutrientes proporcionarem vários benefícios para a saúde. São compostos presentes em frutas, legumes, verduras e cereais integrais.⁸ Evidências científicas vêm demonstrando há alguns anos que a redução de Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT) está associada a ingestão de fibras alimentares, que por meio de diferentes mecanismos, proporcionam efeitos protetores à saúde humana, reduzem a absorção de gorduras e açúcares, promovem saciedade, reduz risco de obesidade e são capazes de auxiliar em um bom funcionamento intestinal. A mesma resolução descreve que a porção alimentar deve conter 2,5 gramas de fibras, sem a inclusão dos demais ingredientes, para alegação na tabela nutricional, designando-o como alimento fonte de fibras.⁹

Alimentos fontes de fibras como a semente de linhaça marrom, farelo de trigo, gérmen de trigo, psyllium e a farinha da semente de uva apresentam diversos benefícios à saúde humana. A linhaça marrom é rica em ácido α -linolênico, além de apresentar fontes importantes de fibra solúvel e insolúvel, evidências científicas destacam a capacidade de controlar os níveis lipídicos e prevenir doenças cardiovasculares.^{10, 11, 12} Já o farelo e o gérmen de trigo apresentam potencial prebiótico, devido ao seu conteúdo de fibras, são capazes de auxiliar na redução dos níveis inflamatórios e na modulação do sistema imunológico.¹³

O psyllium é uma fibra com propriedade capaz de reter de água e formar gel, sofrendo processo lento de fermentação pelas bactérias intestinais, produzindo compostos como butirato e propionato. Atua na saciedade, motilidade intestinal, além de melhorar a composição da microbiota humana.¹⁴ A farinha de semente de uva emerge como uma fonte econômica e renovável de proteínas, apresentam propriedades funcionais devido aos seus compostos antioxidantes (fenóis e flavonoides) e contam com um elevado teor de fibra alimentar (40 a 70%).^{15,16}

O levedo de cerveja é um fungo unicelulare, eucariótico, são constituídos por proteínas, glicoproteínas, polissacarídeos, polifosfatos, lipídios e ácidos nucleicos.¹⁷ Devido ao seu elevado teor nutricional (conteúdo de proteínas, fibras alimentares e vitaminas do complexo B) vêm sendo utilizado como suplemento alimentar ou incorporado em produtos alimentícios.¹⁸

Um dos desafios da indústria de alimentos é de inovar e fornecer produtos alimentícios que atendam a necessidade dos consumidores, satisfazendo as necessidades nutricionais, além dos parâmetros sensoriais. A procura por alimentos ricos em nutrientes/fibras também vem sendo aumentada, visto que, as fibras desempenham várias funções importantes, atuando na saúde cardiovascular, intestinal, digestiva, por essas razões, se torna importante a inclusão delas em uma dieta equilibrada. Considerando os diversos benefícios presentes nas fibras alimentares apresentado por estudos científicos, essa pesquisa teve como objetivo desenvolver uma nova formulação de fibras e avaliar o impacto sobre os parâmetros antropométricos, bioquímicos e a frequência intestinal em mulheres adultas.

MÉTODOS

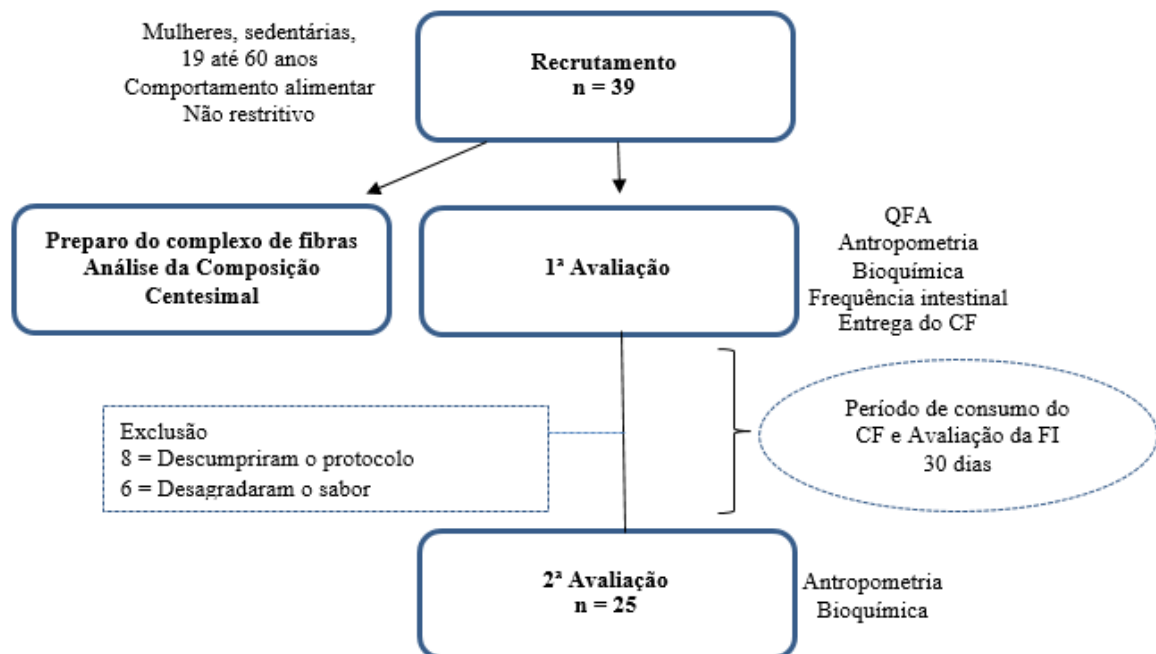
Essa pesquisa trata-se de um estudo experimental, de caráter quantitativo e qualitativo. Foi realizada no município de Mineiros – Goiás, localizada no interior do

Sudoeste Goiano, nas dependências do Laboratório de Técnica Dietética e Clínica Escola de Nutrição, de uma Instituição de Ensino Superior privada.

A população estudada ao longo do ensaio clínico foi composta com 25 mulheres, com idade de 19 até 60 anos, sedentárias, selecionadas de forma aleatória e de acordo com a disponibilidade. Como critério de inclusão foi considerado: gênero feminino, sedentárias e sem restrição alimentar. Foram excluídas do estudo: participantes que declararam apresentar alergia alimentar, doença celíaca, síndrome do intestino irritável, diabetes mellitus. Foi impedido de contemplar a amostra pessoas com aversão alimentar ao consumo de farinhas/ alimentos integrais.

A pesquisa contemplou quatro etapas, divididas em seleção das participantes, preparo da amostra, ensaio clínico e tratamento de dados (Figura 01).

Figura 01. Fluxograma da pesquisa.



Elaboração da formulação de fibras

A formulação de fibras consistiu em uma mistura de cinco fibras alimentares em conjunto ao levedo de cerveja. Sendo elas: Linhaça marrom, farelo do gérmen de trigo, farelo

de trigo, psyllium e farinha da semente de uva. Suas proporções utilizadas estão descritas na tabela 01, sendo a porção do Complexo de Fibras (CF) resultou em 100g.

Tabela 01. Apresentação das matérias-primas do complexo de fibras em 100g.

Matérias-primas	Quantidade (g)
Linhaça marrom	27,0
Levedo de cerveja	13,0
Psyllium	10,0
Farelo de trigo	16,0
Gérmen de trigo	14,8
Farinha de uva	19,2

Fonte: Formulação desenvolvida pelos pesquisadores.

As matérias-primas foram adquiridas no comércio local, no município de Mineiros-Goiás. Foram armazenadas em geladeira em embalagens próprias em temperatura de refrigeração (7°C) até o momento do preparo.

Para o preparo da Formulação de Fibras, todas as matérias-primas foram adicionadas em um liquidificador (Arno Power Mix LQ10) e trituradas durante 3 minutos. Em seguida, foram embaladas em sacos plásticos de polietileno de baixa densidade (PEBD), em porções unitárias de 100g, mantidas sob refrigeração até a distribuição.

Foram distribuídas semanalmente à formulação de fibras as participantes, sendo 100g/dia durante 30 dias. As dosagens do consumo foram estabelecidas pelos pesquisadores. As participantes foram orientadas a realizar a diluição da formulação para o consumo. O preparo para o consumo ocorreu por meio de diluição da formulação de fibras em 100ml de água em temperatura ambiente, e ingerida no período matutino (até no máximo 12h/pm). Sugeriu-se o consumo de 2 litros de água/dia ou 35 ml/kg, para prevenção de constipação intestinal.¹⁹ No decorrer do estudo as participantes foram acompanhadas via telefone a fim de verificar a presença de alguma intercorrência. No final do ensaio clínico, todas as participantes consumiram 100g/dia da FF durante 30 dias.

Análise centesimal da formulação de fibras

Os teores de umidade, proteína, lipídeos, fibra alimentar total e cinzas foram determinados de acordo com os métodos descritos pela AOAC²⁰, procedimentos umidade em estufa a 103 °C, procedimento n°. 925.09 (32.1.03), proteína pelo método de Kjeldahl, usando um fator de conversão de 6,25, cinzas em mufla a 550°C, procedimento n°. 923.03 (32.1.05), conteúdo lipídico será determinado pelo método por extração com éter de petróleo em aparelho Soxhlet, procedimento n°. 920.39 (32.1.03). Todos os procedimentos foram realizados no Laboratório de Química de Alimentos da Faculdade de Farmácia – Universidade Federal de Goiás (UFG)

Os valores de fibra alimentar (FA), fibra alimentar insolúvel (FAI) e fibra alimentar solúvel (FAS) foram avaliados através do método enzimático-gravimétrico, conforme a metodologia oficial AOAC n. 991.43.²¹

Foi calculado o Valor Energético Total (VET) da formulação de fibras, seguindo a fórmula básica para o cálculo do valor energético total de um alimento, na qual cada macronutriente fornece uma quantidade específica de energia. Dessa forma, aplicou-se a fórmula: Valor Energético (kcal) = (Gramas de Carboidratos×4) + (Gramas de Proteínas×4) + (Gramas de Gorduras×9).²²

Questionário de Frequência Alimentar

De acordo com Costa e Castro²³ o Questionário de Frequência Alimentar (QFA) é um instrumento investigativo com o intuito de representar os hábitos de consumo do paciente, sendo uma importante ferramenta utilizada pelo profissional da nutrição. Nesse contexto, no início do estudo (dia 01), foi aplicado um QFA para todas as participantes para a identificação do perfil alimentar. Foram verificados o consumo de alimentos hipercalóricos, presentes em

grupos de carboidratos, consumo de alimentos ricos em lipídios, consumo de frutas e hortaliças, além de verificar o consumo de alimentos industrializados.

Antropometria

Foi realizada a avaliação antropométrica das participantes com a finalidade de obter peso, altura, IMC (Índice de Massa Corporal), circunferência da cintura e quadril, relação cintura quadril; e pregas cutâneas para a mensuração da gordura corporal. Com a utilização de uma balança digital, da marca *Welmy*®, com capacidade máxima de pesagem 150 kg, foi realizado a pesagem das participantes, anteriormente a avaliação, recomendou-se o uso de roupas leves, estar descalço e sem adornos.

Para a aferição da altura, foi utilizado um estadiômetro, da marca *Sanny*®. O indivíduo ficou em posição ereta, descalço, pés unidos, olhos fixo no plano horizontal de *Frankfurt*, enquanto o avaliador posicionou a haste móvel no ponto central e mais alto da cabeça do avaliado. Com a obtenção dos dados de peso e altura foi realizada a classificação do Índice de Massa Corporal (IMC) de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), sendo a fórmula utilizada $IMC = P/A^2$ (P=peso/ A= altura). A partir do resultados da fórmula, os valores $< 16 \text{ kg/m}^2$ indicam magreza grau III, $16 - 16,9 \text{ kg/m}^2$ magreza grau II, $17-18,4 \text{ kg/m}^2$ magreza I, $18,5- 24,9 \text{ kg/m}^2$ eutrofia, $25-29,9 \text{ kg/m}^2$ sobrepeso, $30,0-34,9 \text{ kg/m}^2$ obesidade grau I, $35,0-39,9 \text{ kg/m}^2$ obesidade grau II e $\geq 40,0 \text{ kg/m}^2$ obesidade grau III.²⁴

As circunferências foram realizadas com o auxílio de fita métrica (*Fitmetria*), maleável e inelástica, com os valores apresentados em centímetros (0,1 a 150cm). Medindo áreas de quadril, a fita métrica foi localizada na altura de maior circunferência das nádegas, e de cintura, a fita métrica localizada no ponto médio entre as duas últimas costelas e parte superior do osso ilíaco de acordo com a metodologia proposta por Rossi e Simas.²⁵ Essas medidas são indicadores importantes para adiposidade visceral e subcutânea, além da relação

cintura/quadril sugerir predisposição à doenças cardiovasculares e diabetes. Foi calculada a Relação Cintura/Quadril (RCQ), em que avaliou-se o perímetro da Cintura (C) dividindo pelo perímetro do Quadril (Q) ($C/Q=RCQ$). Esse parâmetro foi classificado de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS)²⁶, na qual preconiza-se valor inferior de 0,85 para mulheres.

Para o cálculo de gordura corporal foi obtido valores das dobras cutâneas, com a utilização de um adipômetro clínico tradicional da marca *Cescorf*, incluindo dobras cutâneas subescapular (abaixo da escapula), suprailíaca (região da crista ilíaca), bicipital (parte anterior do braço) e tricípital (parte posterior do braço) conforme realizado por Jesus et al.²⁷

Os procedimentos realizados para a avaliação antropométrica foram repetidos três vezes, sendo utilizada a média de três aferições.

Perfil Lipídico

Para aferição do perfil lipídico foi utilizado um aparelho monitor de colesterol portátil (marca *Mission-ACON Biotech Co., Ltd.*®), foi coletado uma gota de sangue através da punção do dedo e depositado na tira de teste para a obtenção das para dosagens de Colesterol Total (CT), HDL (*High-density lipoprotein*)-colesterol, LDL (*Low-density lipoprotein*)-colesterol e Triglicérides totais (TG). O valor de referência que foi utilizado para a classificação de dislipidemias foi conforme descrito na III Diretrizes Brasileiras Sobre Dislipidemias e Diretriz de Prevenção da Aterosclerose da Sociedade Brasileira de Cardiologia²⁸, sendo o nível de CT desejável menor que 200 mg/dL, HDL superior a 50 mg/dL, LDL inferior a 130 mg/dL e TG menor de 150 mg/dL.

Frequência intestinal e tipo das fezes

As participantes preencheram o formulário de frequência e tipo das fezes durante os 30

dias, com a finalidade de identificar a frequência das evacuações e a características das fezes. Para a realização da avaliação do tipo das fezes foi utilizado a Escala de Bristol conforme descrito por Barbosa, Silva e Souza²⁹, sendo que esse instrumento classifica as fezes entre os tipos 1 ao 7, baseada no formato, consistência e aparência das fezes. O tipo 01 apresenta aspectos de caroços duros e separados, como nozes (difícil de passar) – indica constipação; O tipo 02 possui forma de salsicha, mas granuloso - indica constipação; O tipo 03 apresenta como uma salsicha, mas com fissuras em sua superfície - consistência ótima; Tipo 04 assemelha-se a uma salsicha ou serpente, suave e macio - consistência ótima; Tipo 05 possui bolhas suaves com bordas nítidas (que passa facilmente) - consistência ótima; Tipo 06 apresenta peças fofas com bordas em pedaços - tendência de aumento de diarreia ou urgência em evacuar; e o Tipo 07 possui aspecto aquoso, sem partes sólidas, inteiramente líquido - tendência de aumento de diarreia ou urgência em evacuar.³⁰

Análises estatísticas e Aspectos éticos

Os dados obtidos foram apresentados em média e desvio padrão. Foi utilizado o *Software GraphPad Prism* para a aplicação dos testes estatísticos. Foi avaliado a normalidade pelo teste de *Shapiro-wilk* dos resultados de medidas repetidas e em seguida foram analisados utilizando o *Teste T*.

A pesquisa seguiu todos os preceitos éticos da legislação vigente no Brasil, a Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde/ Ministério da Saúde. A mesma foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Jataí (CAAE 82806324.0.0000.0187). Todas as participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecimento no início do estudo.

RESULTADOS

O grupo amostral iniciou-se com 39 mulheres e no decorrer da pesquisa 8 participantes

descumpriram o protocolo e 6 desagradaram do sabor. Finalizando assim, o estudo com 25 mulheres.

Análise centesimal da formulação de fibras

A fórmula de fibras foi desenvolvida previamente ao ensaio clínico, através da análise de composição centesimal, apresentada na tabela 02. Pode-se observar que a Fibra Alimentar Total (FAT) é o componente em quantidade superior, sendo 39,5 g/100g, seguido do teor de proteína 20,3 g/100g e carboidratos 15,2 g/100g. Pode-se identificar que 26,2 g/100g de FAS e 13,3 g/100g de FAI. Cada 100g do complexo de fibras forneceu 39,4g de fibra alimentar total e um total de 276,1 kcal.

Tabela 02 . Composição centesimal da fórmula de fibras.

Parâmetros	Valores em g/100g
Umidade	5,4±0,06
Cinzas	4,7±0,01
Lipídios	14,9±0,80
Proteínas	20,3±0,35
Carboidratos	15,2±0,36
Fibras Alimentar Total	39,5±0,18
Fibra Alimentar Solúvel	26,2±0,28
Fibra Alimentar Insolúvel	13,3±0,37
Valor energético	276,1 Kcal

Valores de média ± desvio padrão obtidos por determinações feitas em duplicatas. **Carboidratos calculado por diferença, subtraindo-se de 100 os valores obtidos para umidade, proteínas, lipídios, cinzas e fibras alimentares.

Questionário de Frequência Alimentar

A tabela 03 apresenta as informações obtidas por meio do QFA. Observou-se que 100% das participantes consumiam diariamente cereais, sendo a principal fonte o arroz branco cozido. Em relação ao consumo de frutas, foi possível identificar um alto consumo dentre o grupo, sendo 97% as que fazem o consumo de frutas, e dessas, 67% ingerem de forma diária.

Sobre o consumo de verduras, todas as participantes relataram a ingestão, com 56% consumindo-as diariamente. No entanto, a variação no consumo diário de verduras, onde 35% relatam o consumir de 1 a 3x na semana.

Tabela 03. Questionário de Frequência do Consumo Alimentar das participantes.

GRUPO ALIMENTAR	DIARIAMENTE	1-3 VEZES SEMANA	4-6 VEZES SEMANA	NUNCA
Cereais	100%	0%	0%	0%
Frutas	67%	27%	3%	3%
Verduras	56%	35%	9%	0%
Leguminosas	53%	35%	6%	6%
Alimentos integrais	24%	24%	10%	42%
Carne e ovos	94%	6%	0%	0%
Leite e derivados	49%	36%	9%	6%
Açúcares e doces	34%	48%	0%	18%
Refrigerantes	15%	42%	3%	40%

Fonte: Dados da pesquisa.

O consumo de leguminosas também se mostrou elevado, com 97% das participantes ingerindo-as regularmente e 53% consumindo diariamente. No entanto, o consumo de alimentos integrais demonstrou que 42% das participantes relataram não consumir esses alimentos, e apenas 24%.

Sobre o consumo de refrigerantes, 60% relatando consumir, e apenas 15% consumo diário, de 1 a 3 vezes por semana, e 40% afirmaram nunca consumir esse tipo de bebida. Das participantes, 82% consomem açúcares e doces, sendo que 34% ingerem esses alimentos diariamente e 48% de 1 a 3 vezes por semana. Em relação ao consumo de carne e ovos, todas as participantes relataram o consumo de forma regular, com 94% consumindo diariamente. Já o consumo de leite e derivados também foi elevado, com 94% das participantes consumindo, dessas 49% relatando consumo diário.

Avaliação antropométrica e perfil lipídico

A tabela 04 apresenta os resultados referentes a avaliação antropométrica e perfil lipídico, no início (dia 01) e no final (dia 30) da pesquisa. Em relação ao peso corporal do grupo, observou-se que não houveram modificações significativas, 72,4 kg±15,1 no início e 72,4 kg± 15,3 no

final. O IMC não apresentou modificações no decorrer do estudo (dia 01 = $27,0 \pm 5,4$ e dia 30 = $27,0 \pm 5,1$).

A circunferência da cintura das participantes apresentou redução significativa, de 79,7 cm para 78,5 cm ($p 0,006$). Em contrapartida a circunferência de quadril, apresentou alteração de 105,0 cm para 105,3 cm ($p 0,333$), sem significancia. Quando avaliada a relação cintura-quadril, notou-se uma redução de 0,75 para 0,74 ($p 0,012$).

Um achado interessante em relação ao perfil lipídico, foram os níveis de CT (de 185,2 mg/dL para 170,9 mg/dL) se mostraram menores após a intervenção com a formulação de fibras, bem como os níveis de LDL-colesterol (111,6 mg/dL para 94,3 mg/dL).

Tabela 04. Avaliação antropométrica e perfil lipídico das participantes no dia 01 e 30 da pesquisa.

Parâmetro	Dia 01	Dia 30	p valor
Peso (kg)	$72,4 \pm 15,1$	$72,4 \pm 15,3$	0,972
IMC (kg/m^2)	$27,0 \pm 5,4$	$27,0 \pm 5,1$	0,995
CC (cm)	$79,7 \pm 11,2$	$78,5 \pm 10,4$	0,006*
CQ (cm)	$105,0 \pm 10,9$	$105,3 \pm 10,9$	0,333
Relação CQ (cm)	$0,75 \pm 0,1$	$0,74 \pm 0,1$	0,012*
Gordura corporal %	$32,9 \pm 6,4$	$32,3 \pm 6,1$	0,051
Colesterol Total (mg/dL)	$185,2 \pm 47,8$	$170,9 \pm 41,9$	0,002*
HDL-colesterol (mg/dL)	$46,7 \pm 15,7$	$42,6 \pm 12,7$	0,047*
LDL-colesterol (mg/dL)	$111,6 \pm 35,2$	$94,3 \pm 33,7$	0,000
Triglicerídeos (mg/dL)	$153,3 \pm 133,8$	$164,2 \pm 76,3$	0,042*

Fonte: Dados da pesquisa. (IMC: Índice de Massa Corporal. CC: Circunferência da cintura. CQ: Circunferência do quadril. RCQ: Relação cintura quadril). Os valores na tabela referem-se de média, seguido do desvio padrão. *Valores com diferença significativa pelo teste t, considerando ($p < 0,05$).

Em contra partida o HDL-colesterol, apresentou uma diminuição, de 46,7 mg/dL para 42,6 mg/dL ($p 0,047$), aspecto negativo, já que está associado ao efeito protetor, em níveis mais altos. Os triglicerídeos apresentaram um aumento, de 153,3 mg/dL para 164,2 mg/dL ($p 0,042$).

Foi avaliado a frequência intestinal durante o período de 30 dias de estudo, foi obtido a frequência de 90,3% de evacuações ao longo do período, dentre as participantes. Esses resultados demonstraram que o consumo do complexo de fibras melhorou a motilidade intestinal das

participantes, cabe destacar, que no início (dia 01) da pesquisa, 12 participantes (48%) relataram apresentar constipação intestinal frequente.

Os dados obtidos sobre o tipo das fezes de acordo com a classificação de Bristol, destaca-se uma predominância dos tipos 3 (semelhante a uma linguiça, porém com rachaduras na superfície) e tipo 4 (semelhante a uma salsicha ou cobra, com forma alongada, lisa e macia), com 28,8% e 32%, respectivamente, correspondendo às fezes consideradas normais e saudáveis. Os tipos 1 (bolinhas duras e pequenas, separadas, e apresentam dificuldades de serem evacuadas; tipo 2 (é semelhante a uma linguiça encaroçada, com bolinhas pequenas e grudadas), foram relatados por 4% e 16,7% das participantes (respectivamente).

Já os tipos 5 (são pedaços maiores e separados com bordas bem definidas que apresentam facilidade de serem evacuadas), 6 (apresenta consistência pastosa e fofa, com bordas irregulares) e 7 (apresenta consistência totalmente líquidas, sem a presença de pedaços sólidos), apareceram com menor frequência, sendo relatadas por 12,3%, 5,2% e 1% das participantes, respectivamente.

DISCUSSÃO

A disponibilidade de produtos enriquecidos com fibras pela indústria de alimentos vem facilitando ao atendimento das necessidades nutricionais da população. A formulação desenvolvida nesse estudo é capaz que suprir as necessidades diárias, visto que a maioria das recomendações encontram-se dentro de 25 à 30g de fibra alimentar/dia.³¹ A composição de matérias-primas ricas em fibras alimentares vêm sendo avaliadas, assim como na pesquisa de Lana et al.³¹ verificaram a composição centesimal de farinhas do coproduto de umbu-cajá e graviola, obtiverem valores de fibras superiores aos apresentados na pesquisa, sendo 53g/100g e com baixo teor de proteína (8g/100g). Uma farinha alternativa produzida a partir de polpas de melões comerciais continha teores inferiores com a formulação desenvolvida neste estudo, com

11,90g/100g, além de 3,7g/100g de lipídios, 10,8 g/100g de proteínas e 50,7 g/100g de carboidratos.³² Valores superiores foram encontrados em uma nova formulação, a partir do subproduto da acerola, que também apresentou um potencial para suplemento (77,0% de fibra alimentar).³³

Uma farinha do bagaço de uva apresentou quantidades elevadas de fibra alimentar (59,3%), principalmente fibra insolúveis, além de apresentar potencial antioxidante.³⁴ Dado relevante, visto que farinha semelhante faz parte da formulação de fibras. Bem como o psyllium, um estudo demonstrou o elevado teor nutricional da casca do psyllium, com 77,7g/100g de fibras alimentares, sendo 57,2 de fibra insolúvel, 6,3g/100g de proteínas e 2,4g/100g de cinzas.³⁵

Acerca do consumo alimentar das participantes avaliadas por meio do QFA, identificou-se estar acordo com o Guia Alimentar para População Brasileira, a recomendação é de no mínimo três porções/ diárias de frutas, demonstrando então que os resultados do questionário se encontram próximo ao recomendado.³⁶ Atualmente há evidências sobre os efeitos maléficos da baixa ingestão de frutas pela população brasileira. Devido ao seu papel protetor para doenças, esse hábito contribui para a diminuição dos riscos de morte.³⁷

Uma parcela de 35% da amostra do estudo relatou consumir hortaliças 1 à 3 vezes por semana, estando abaixo das recomendações para a população brasileira. Preconiza-se que para uma alimentação adequada, haja o consumo de 3 porções (folhas, legumes ou tubérculos) por dia.³⁶ O baixo consumo desse grupo alimentar é fator de risco significativo para o desenvolvimento de DCNT, como diabetes e doenças cardiovasculares, responsáveis pelas principais causas de morbidades e mortalidade no Brasil.³⁸ Esses alimentos são ricos em vitaminas, antioxidantes, fibras alimentares e propriedades funcionais. Além disso, possuem densidade baixa energética, auxiliando na manutenção de peso corporal adequada.^{39,40}

Alimentos vegetais, como hortaliças e frutas possuem fibras alimentares solúveis e

insolúveis, as quais auxiliam no funcionamento do peristaltismo intestinal e esvaziamento do cólon, promovem formação de fezes macias e aumento do bolo fecal.^{41, 42, 43} Já o consumo de leguminosas diariamente são fontes importantes de proteína e fibra, beneficiando o controle da glicemia e a saúde cardiovascular.⁴⁴

Foi demonstrado uma baixa ingestão de alimentos integrais no estudo, dados preocupantes, já que são alimentos fontes de fibras, vitaminas e minerais. Há comprovações científicas da adequada ingestão das fibras dietéticas provenientes de grãos integrais, à melhoria da saúde metabólica e à redução do risco de obesidade⁴⁵, além dos benefícios para o funcionamento intestinal, controle da glicemia, redução dos níveis de colesterol, promoção de saciedade. As fibras alimentares ao longo dos anos têm ganhado espaço na alimentação da população brasileira, pois na década de 1970, apenas 15% da população fazia o consumo.⁴⁶

As bebidas açucaradas, como os refrigerantes, se associam a diversos problemas de saúde, aumento o risco de diabetes mellitus tipo 2, doenças cardiovasculares e obesidade.^{47,48} No presente estudo, o consumo de refrigerantes, na maioria das participantes, não foi identificado como um hábito diário. Porém, a alta ingestão de açúcares e doces se fez presente, demonstrando um padrão alimentar que pode elevar o risco de obesidade, resistência à insulina, doenças metabólicas.⁴⁹ De acordo com a Organização Mundial da Saúde, a orientação é limitar a ingestão de açúcares livres a 10% da ingestão calórica total.⁴⁸

O grupo alimentar de carnes e ovos é rico em proteínas de alto valor biológico e nutrientes essenciais, como vitaminas, minerais e ácidos graxos, fundamentais ao organismo humano.³⁶ Já o consumo de leite e derivados também são fontes de proteínas, gorduras e carboidratos, além de vitaminas A e D, magnésio, cálcio, potássio e água, com destaque para o cálcio e a vitamina D, atuam na prevenção da osteoporose, obesidade, redução do risco de Diabete Mellitus tipo 2, hipertensão e de risco cardiovascular.⁵⁰ De acordo com as informações obtidas no QFA, nota -se uma alimentação abrangente em alimentos fundamentais para a

manutenção da saúde, portanto são necessárias algumas intervenções nutricionais, com intuito de corrigir hábitos como alto consumo de açúcares e a baixa ingestão de alimentos integrais.

Foi investigado a associação entre a ingestão de fibras e o IMC durante um ensaio clínico randomizado controlado com mulheres africanas num período de 18 meses, foi identificado a redução do IMC a partir dos seis meses de estudo, sugerindo a contribuição do consumo de fibras à médio e longo prazo na redução de peso⁵¹. Ito et al.⁵² avaliaram o consumo de uma formulação de macarrão enriquecida com fibra por 59 adultos saudáveis com sobrepeso, durante doze semanas, os resultados demonstraram que o IMC foi reduzido (27,0 kg/m² para 26,8 kg/m²), além de melhora significativa na frequência intestinal. Em outro estudo, onde foi avaliado o consumo de *croissant* enriquecido com mistura de fibras (4,8 g/100 g) por 32 participantes durante duas semanas, não apresentam modificações em nenhum dos parâmetros antropométricos avaliados.⁵³

As mulheres da pesquisa não apresentam modificações significativas na gordura corporal, ao contrário da pesquisa Iversen et al.⁵⁴ onde 242 participantes consumiram produtos de centeio ricos em fibras como parte de uma dieta hipocalórica por 12 semanas, esses indivíduos apresentaram maior perda de peso e perda de gordura corporal.

A presença de Fibra Alimentar (FA) no lúmen do cólon promove a secreção do peptídeo semelhante ao glucagon 1 (GLP-1) e PYY. O primeiro é liberado pelas células L intestinais, atua favorecendo a secreção de insulina, estimula a hiperplasia no pâncreas, controla a síntese de glicogênio, além de aumentar a saciedade. Já o PYY atua como “antiobesidade” através supressão do apetite e redução na ingestão de alimentos.⁵⁵

Dados sobre a circunferência da cintura podem estar associadas ou não à doenças. A adiposidade central é um dos principais fatores de risco para doenças cardiovasculares e metabólica. Em complemento a esses valores, a relação cintura quadril e o IMC são importantes para presumir risco à saúde.⁵⁶ Componentes presentes na formulação de fibras

possuem efeitos benéficos, tais como prevenção de hipertensão, diabetes, obesidade, câncer de colón e reto e; na manutenção da saúde gastrointestinal.⁵⁶ Independente de fatores como faixa etária, prática de atividade física e composição corporal, a fibra exerce seu papel protetor.⁵⁷

O consumo das fibras é capaz de proporcionar benefícios como: redução do LDL-colesterol e CT, através da diminuição da absorção das gorduras advinda dos alimentos; redução dos níveis de pressão arterial e marcadores inflamatórios; redução da resposta glicêmica, mecanismo importante principalmente para pacientes pré-diabéticos e diabéticos.⁴³ Relatos científicos sugerem a ingestão de 25 a 30g de fibra alimentar diária.^{58,30}

Mundialmente, um dos maiores problemas que vem acometendo a população são as dislipidemias, caracterizada quando os níveis lipídicos estão em inconformidade de acordo com os valores de referências. A alteração negativa do perfil lipídico é considerada quando os níveis de CT apresentam-se igual ou superior a 240 mg/dL, LDL-colesterol igual ou superior a 160 mg/dL, HDL-colesterol igual ou inferior a 40 mg/dL e os níveis de Triglicerídeos (TG) igual ou acima de 200 mg/dL.⁵⁹ Os níveis altos da lipoproteína LDL, pode estar relacionado diretamente a processos aterogênicos, e os níveis baixos de HDL podem aumentar o risco para as doenças cardiovasculares, visto que sua função é prevenir a oxidação e agregação da LDL nas artérias.⁶⁰

Uma meta-análise proposta por Ghavami et al.⁶¹ com 181 ensaios clínicos randomizados com uma população amostral de 14.505 participantes, suplementados com fibras solúveis, demonstraram uma redução significativa nos valores de LDL-colesterol, colesterol total (CT) e TGs. Corroborando com a meta-análise de Lin et al.⁶², que investigou a suplementação de goma guar, onde os dados demonstraram a redução significativa nos níveis séricos de LDL-C e CT em pacientes com problemas cardiometabólicos. Em outra meta-análise proposta por Yao et al.⁶³ uma suplementação composta por 10 g/d na ingestão total de fibra alimentar foi capaz de

diminuir em 6% de redução no risco de DM tipo 2.

A ingestão da formulação desta pesquisa contribuiu na redução do CT e do LDL-colesterol. No entanto, a queda do HDL e o aumento dos TG ao longo do estudo, pode indicar que a intervenção pode ter variáveis impactos no metabolismo lipídico, considera-se também que avaliações com o consumo de fibras em períodos maiores que deste estudo podem apresentar resultados mais satisfatórios. Ressalta-se também que não houveram recomendações sobre modificações na dieta alimentar das participantes, dessa forma, todas mantiveram sua alimentação habitual, fatores que podem interferir em parâmetros corporais e bioquímicos.

Abordando aspectos fisiológicos do consumo de fibras em relação ao funcionamento intestinal, sabe-se que a obesidade é uma doença que causa impacto na microbiota intestinal e conseqüentemente no sistema imunológico. A microbiota intestinal é alterada em obesos, causando um aumento na permeabilidade no epitélio intestinal, facilitando a passagem de bactérias que ativam macrófagos, promovendo uma resposta imune inata e a produção de citocinas inflamatórias.⁶⁴ Segundo Moerings et al.⁶⁵ as fibras alimentares protegem a saúde intestinal, atuando como uma barreira adequada e contribuindo para a imunidade da mucosa, mecanismo este que envolve as células imunes associadas ao tecido linfóide, essas associadas ao intestino e/ou células epiteliais. Na fermentação, a fibra possui função prebiótica, a função do butirato, produto da fermentação em forma de Ácidos Graxos de Cadeia Curta (AGCC), o qual atua como imunomodulador intestinal.⁵⁷ Prebióticos são definidos como componentes alimentares capazes de propiciar modificações na composição ou no desempenho da microbiota intestinal, resultando em efeitos positivos à saúde. Porém, ressalta-se que nem toda fibra alimentar é considerada um prebiótico.⁶⁶ Ao contrário das fibras solúveis, as fibras insolúveis têm uma fermentação limitada no cólon.⁶⁷

Sintomas como a dificuldade ou retardo para defecação, eliminação de fezes ressecadas, consistência aumentada, necessidade de esforço excessivo e frequência de evacuação inferior a

três vezes por semana é definida como constipação, a qual pode estar associada a várias causas, mecanismos patogênicos e fisiopatológicos.⁶⁸ Tanto a prevenção como o tratamento tem como base a prática de atividade física, ingestão adequada de água e ingestão de fibras alimentares. Estudos apontam, maior prevalência de constipação intestinal no sexo feminino devido a alterações que ocorrem no assoalho pélvico durante a gestação e parto, e as questões hormonais.⁴² A frequência intestinal está relacionada com a composição da microbiota, em contraste, a constipação intestinal (caracterizada por evacuação de fezes duras e secas três vezes ou menos por semana) está relacionada com o aumento de toxinas intestinais, que impactam negativamente, predispondo os indivíduos à problemas renais, demência, contribuem para o envelhecimento e à inflamação.⁶⁹

As fibras alimentares apresentam capacidade de aumentar o volume fecal, estimula o peristaltismo, promove a redução do risco de câncer de cólon, constipação, prevenção de diverticulite, e risco de infecções, por garantir um bom funcionamento do intestino.^{41,43} O consumo de água e de fibras são um dos principais fatores para prevenir a constipação intestinal em adultos.⁷⁰ A Escala de Bristol auxilia na caracterização da consistência de fezes, através de sete imagens e características descritivas das fezes, quanto à forma e à consistência.⁷¹ As características das fezes têm relação com o tempo de trânsito intestinal destas. Fezes dos tipos 1 e 2 indicam que o indivíduo possui trânsito intestinal lento; os tipos 3 a 5, indicam trânsito intestinal adequado; enquanto os tipos 6 e 7 são indicadores de um trânsito intestinal rápido, esse fato está relacionado a absorção dos nutrientes e hábitos alimentares de cada participante.^{72, 73}

Um estudo demonstrou que a suplementação de 10g de fibra alimentar foi capaz de melhorar a frequência intestinal e o tipo das fezes em adultos com constipação intestinal crônica.⁷⁴ Resultado similar foi encontrado em um ensaio clínico randomizado realizado por Kim et al.⁴⁵ durante doze semanas, com adultos obesos suplementados com fibra alimentar, em que foi identificado redução significativa na massa e gordura corporal, sugerindo o possível

efeito antiobesidade das fibras.

Um estudo de coorte prospectivo com o objetivo principal de investigar as associações entre nutrição e saúde, demonstrou que a ingestão de fibras alimentares, foi inversamente associada ao risco de diversas doenças crônicas e à mortalidade. A ingestão de fibra solúvel foi associada a uma diminuição do risco de doença cardiovascular e câncer colorretal.^{43,75} Um ensaio clínico experimental semelhante a desse estudo, contando com a participação de 100 voluntárias, as quais utilizaram pré e probióticos (biomassa da banana verde e kombucha), por 60 dias. Os principais achados foram acerca da melhora no tipo das fezes, aumentando a frequência das fezes classificadas pelo tipo 4, considerado tipo saudável.⁷⁶

Contudo, é importante reconhecer a importância do consumo das fibras alimentares retratadas nesse estudo. Os dados encontrados podem sugerir estudos novos com a formulação em diferente período e/ou com controle da dieta alimentar do grupo amostral. Torna-se importante incentivar a indústria de alimentos a estar ofertando opções que atendam as necessidades dos consumidores, visto que seu consumo está associado a diversos efeitos protetores à saúde e melhora na qualidade de vida.

CONCLUSÃO

O consumo da formulação de fibras foi capaz de reduzir a circunferência da cintura, relação cintura/quadril, LDL-colesterol e o colesterol total. No entanto, os níveis de triglicerídeos foram aumentados e o HDL-colesterol foram reduzidos. Dessa forma, não pode-se afirmar que a formulação desenvolvida é capaz de reduzir a adiposidade. Embora a fibra tenha benefícios para certos parâmetros lipídicos, os efeitos sobre o metabolismo lipídico são complexos e podem ser influenciados por diversos fatores ainda não completamente compreendidos.

Os dados obtidos reforçaram as informações relatadas pela literatura, sobre os efeitos

benéficos associados a saúde intestinal. Nesse contexto, o consumo da formulação de fibras pode ser uma estratégia eficaz para melhorar o trânsito intestinal, aumentando a frequência das evacuações e prevenindo sintomas de constipação, proporcionando bem estar gastrointestinal. Sugere-se que estudos complementares sejam realizados com um período maior de tempo.

REFERÊNCIAS

- 1- Martins KPS, Santos VG, Leandro BBS, Oliveira OMA. Transição nutricional no Brasil de 2000 a 2016, com ênfase na desnutrição e obesidade. Rio de Janeiro, *ASKLEPION: Informação em Saúde* 2022; 1(2):113-132.
- 2- Duthie C, Pocock T, Curl A, Clark E, Norriss D, Bidwell S, McKerchar C, Crossin R. Online on-demand delivery services of food and alcohol: A scoping review of public health impacts. *SSM - Population Health* 2023; 21:10134.
- 3- Triches RM. Promoção do consumo alimentar sustentável no contexto da alimentação escolar. Rio de Janeiro, *Trab. Educ. Saúde* 2015; 13(3):757-771.
- 4- Lima Junior LC. Alimentação saudável e exercícios físicos em meio à pandemia da covid-19. Boa Vista, *Boletim de conjuntura ano II* 2020; 3(9).
- 5- Lia C, Stumpa M, Wub W, Lia Y. Exploring the chemical composition, antioxidant potential, and bread quality effects of the nutritional powerhouse: Wheat bran – A minireview. *Journal of Agriculture and Food Research* 2023; 14:100898.
- 6- SAFRAID, G. F.; PORTES, C. Z.; DANTAS, R. M.; BATISTA, A. G. **Perfil do consumidor de alimentos funcionais: identidade e hábitos de vida.** Braz. Campinas, *J. Food Technol.* 2022, 25:2021072.
- 7- Secco MLM, Soncim RC, Falsoni RMP. Os efeitos das fibras alimentares na dieta de idosos - Espírito Santo. Cachoeiro de Itapemirim – ES, *Cadernos Camilliani* 2021, 18(2):2751-2764.

- 8- Brasil. Resolução RDC nº 18, de 4 de março de 1999. Dispõe sobre a regulamentação para produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumes. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, DF, 5 de mar. 1999.
- 9- Stribling P, Ibrahim F. Dietary fibre definition revisited - The case of low molecularweight Carbohydrates. *Clinical Nutrition ESPEN* 2023, 55:340-356.
- 10- Barroso AKM, Torres AG, Castelo-Branco VN, Ferreira A, Finotelli PV, Freitas SP, Rocha-Leão MHM. Linhaça marrom e dourada: propriedades químicas e funcionais das sementes e dos óleos prensados a frio. *Ciência Rural* 2014, 44(1):181-187.
- 11- Ma Y, Liu X, Sun H, Wang Y, Bai G, Guo Q, Xiao S, Peng Y, Song L, Qiao M, Huang X. Preparation of flaxseed oil nanoemulsion and its effect on oxidation stability of flaxseed oil and prediction of shelf life. *LWT* 2025, 217:117404.
- 12- Rossi L, SIMAS LAW. Protocolo de avaliação antropométrica em Nutrição Estética e Saúde da Mulher. *Research, Society and Development* 2024, 13(1):13613144907.
- 13- Zhang Z, Cheng W, Li X, Wang X, Yang F, Xiao J, Li Y, Zhao G. Extraction, bioactive function and application of wheat germ protein/ peptides: A review. *Current Research in Food Science* 2023, 6:100512.
- 14- Hefnya AF, Ayadb AZ, Matevc N, Bashir MO. Intestinal obstruction caused by a laxative drug (Psyllium): A case report and review of the literature. *International Journal of Surgery Case Reports* 2018, 52:59-62.
- 15- Chamizo-Gonzalez F, Heredia FJ, Rodríguez-Pulido FJ, Gonzalez-Miret ML, Gordillo B. Proteomic and computational characterisation of 11S globulins from grape seed flour by-product and its interaction with malvidin 3-glucoside by molecular docking. *Food Chemistry* 2022, 386(30):132842.
- 16- Difonzo G, Troilo M, Allegretta I, Pasqualone A, Caponio F. Grape skin and seed flours as functional ingredients of pizza: Potential and drawbacks related to nutritional, physicochemical and sensory attributes. *LWT* 2023, 175(1):114494.

- 17- Wang J, Li M, Zheng F, Niu C, Liu C, Li Q, Sun J. Cell wall polysaccharides: before and after autolysis of brewer's yeast. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 2018, 34:137.
- 18- GOMES NG, Schirmann GS, Los Santos MLP, Zago AC, Bortolini VMS, Rockenbach R, Bragança GCM. Development and sensory evaluation of a hyperproteinbakery product using brewer's yeast as the main innovative ingrediente. *Brazilian Journal of Development* 2021, 7(1):7352-7369.
- 19- Silva MF, Belino FF, Dornelas MST, Rezende LA, Santos LC. Prevalência de constipação intestinal, oferta de fibras alimentares e ingestão hídrica em idosos de uma instituição de longa permanência na cidade de Sete Lagoas, MG. *BRASPEN J* 2016, 31(3):247-51.
- 20- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 16. ed. Arlington: AOAC, 2005.
- 21- AOAC International. *Official Method 991.43: Total, Soluble, and Insoluble Dietary Fibre in Foods*. 2019.
- 22- Brasil. Ministério da Saúde. Biblioteca Virtual em Saúde (BVS). Vamos Falar Sobre Obesidade, 2024.
- 23- Costa GXR, Castro KCE. Estado nutricional e consumo alimentar de fibras como fatores de risco para doenças cardiovasculares em mulheres pós-menopausa. *Brazilian Journal of Health Review* 2022, Curitiba, 5(3):8574-8583.
- 24- Brasil. Ministério da Saúde. Tabelas de Composição de Alimentos: Programa de Alimentação do Trabalhador. 2. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2006.
- 25- Rossi L, Simas LAW. Protocolo de avaliação antropométrica em Nutrição Estética e Saúde da Mulher. *Research, Society and Development* 2024, 13(1):13613144907.
- 26- World Health Organization. Obesity: preventing and managing the global epidemic: Report

of a WHO consultation on obesity. (WHO Technical Report Series n. 894). Geneva, Switzerland: WHO, 2000.

27-Jesus MGM, Melo TJ, Bassoli BK, Seixas FRF. Intervenção nutricional para melhora do perfil antropométrico em atletas de crossfit. *Revista Brasileira de Nutrição Esportiva* 2024, 18(108):23-30.

28- SBC. Sociedade Brasileira de Cardiologia. III Diretrizes Brasileiras Sobre Dislipidemias e Diretriz de Prevenção da Aterosclerose da Sociedade Brasileira de Cardiologia 2001. *Arquivo Brasileiro de Cardiologia*, 77.

29- Barbosa IJ, Silva KCA, Souza MRL. Associação entre o consumo de fibras e a constipação intestinal em idosos de uma instituição de longa permanência. *Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento* 2021. 15(96):871-882.

30- Heaton KW, Radvan J, Cripps H, Mountford RA, Braddon FE, Hughes AO. Defecation frequency and timing, and stool form in the general population: a prospective study. *GUT* 1992. 33:818-24.

31- Tolve R, Zanoni GF, Gonzalez-Ortega R, Sportiello L, Scampicchio M, Favati F. Dietary fibers effects on physical, thermal, and sensory properties of low-fat ice cream. *LWT*. 199:116094, 2024.

32- Lana VS, Estevam, PN, Castro TB, São José VPB, Brito-Oliveira, T C, Santos PH, Oliveira CAS, Corrêa CB, Rostagno MA, Martino HSD, Carvalho IMM. Nutritional and technological potential of umbu-caja and soursop co-product flours. *Food Research International* 2025, 200:115520.

33- Medeiros LDG, Carvalho LBA, Freitas EPS, Porto DL, Aragão CFS, Sousa Júnior FC, Damasceno, KSFSC, ASSIS CF, MORAIS AHA, PASSOS TS. Alternative flours from pulp melons (*Cucumis melo* L.): Seasonality influence on physical, chemical, technological parameters, and utilization in bakery product. *Heliyon* 2024, 10(9):29609.

34- Monteiro SA, Barbosa MM, Silva FFM, Bezerra RF, Maia KS. Preparation, phytochemical and bromatological evaluation of flour obtained from the acerola (*Malpighia puniceifolia*) agroindustrial residue with potential use as fiber source. *LWT* 2020, 134:110142.

- 35- Beres C, Freitas SP, Godoy RLO, Oliveira DCR, Deliza R, Iacomini M, Mellinger-Silva C, CABRAL LMC. Antioxidant dietary fibre from grape pomace flour or extract: Does it make any difference on the nutritional and functional value?. *Journal of Functional Foods* 2019, 56:276-285.
- 36- Yi BNH, Yu LL, Huang D. Effect of psyllium husk soluble fibre as a starch replacement in noodles made from spent brewers' grains. *LWT* 2025, 215:117214.
- 37- Brasil. Ministério da Saúde. *Guia alimentar para a população brasileira: promoting a healthy eating pattern*. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2014.
- 38- Costa JC, Canella DS, Martins APB, Levy RB, Andrade GC, Louzada MLC. Consumo de frutas e associação com a ingestão de alimentos ultraprocessados no Brasil em 2008-2009. *Ciência & Saúde Coletiva* 2021, 26(4):1233-1244.
- 39- Micha R., Peñalvo JL, Cudhea F, Imamura F. Association Between Sugar-Sweetened Beverage Consumption and Risk of Disease Incidence in 184 Countries. *Nature Medicine* 2025, 31(1):1-11.
- 40- Almeida RM. Fatores associados ao consumo de frutas, legumes e verduras em adultos. *Revista de Saúde Pública* 2021, 55: 1-9.
- 41- Deon RG, Rosa RD, Zanardo VPS, Closs VE, Schwanke CHA. Consumo de alimentos dos grupos que compõem a pirâmide alimentar americana por idosos brasileiros: uma revisão. *Ciência e saúde* 2015, 8(1):26-34.
- 42- Isakov VA, Pilipenko VI, Vlasova AV, Kochetkova AA. Evaluation of the efficacy of Kombucha-based drink enriched with inulin and vitamins for the management of constipation-predominant irritable bowel syndrome in females: A randomized pilot study. *Current developments in nutrition* 2023, 7:112017.
- 43- Jaques RMPL, Costa ECL, Assis GM, Oliveira AC, Benício CDAV, Bezerra SMG. Perfil sociodemográfico e de eliminações intestinais em mulheres atendidas em um serviço de saúde.

São Paulo, *Braz. J. Enterostomal Ther.* 2020,18:0820.

44- Khorasaniha R, Olof H, Voisin A, Armstrong K, Wine E, Vasanthan T, Armstrong H. Diversity of fibers in common foods: Key to advancing dietary research. *Food Hydrocolloids* 2023, 139:108495.

45- Mello AC, Carvalho MS, Alves LC, Gomes VP, Engstrom EM. Consumo alimentar e antropometria relacionados à síndrome de fragilidade em idosos residentes em comunidade de baixa renda de um grande centro urbano. *Cad. Saúde Pública* 2017. 33(8):00188815.

46- Kim Y, Jung S, Cho SA, Lee JH, Kim EJ, Ko H, Park YK. Effects of neoagarooligosaccharides on body fat and bowel movement indicators in overweight or obese adults: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Journal of Functional Foods* 2024, 121:106442.

47- Siquieri JPA, Filbido GS, Bacarji AG. Perfil do consumidor de alimentos integrais na cidade de Cuiabá/MT. *Revista Principia* 2018, 41:180-189.

48- Souza AF, SILVA MSL, LIMA Y MM. Consumo de bebidas açucaradas entre crianças de escolas municipais de Pelotas, Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento* 2024, 14(2):123-130.

49- Reis RA, Cunha IP, Cainelli EC, Gondinho BVC, Cartellazzi KL, Guerra LM, Reche NSG, Bulgareli JV. Análise da prevalência do consumo de açúcar em consultas de puericultura. *Rev. Bras. Saúde Mater. Infant.* 2022, 22(3):641-650.

50- Lara-Castor L, O’Hearn M, Cudhea F, Miller V, Shi P, Zhang J, Sharib JR, Cash SB, Barquera S, Micha R, Mozaffarian D. Burdens of type 2 diabetes and cardiovascular disease attributable to sugar-sweetened beverages in 184 countries. *Nature Medicine* 2025, 31(1):1–11.

51- Franco LP, Crispim SP, Schieferdecker MEM. Qualidade da dieta de idosas não institucionalizadas de uma capital do sul do Brasil: baixo consumo de gorduras saturadas, sódio, cereais integrais e de gorduras cardioprotetoras. *Demetra* 2021, 16:50419.

52- Buscemi J, Pugach O, Springfield S, Jang J, Tussing-Humphreys L, Schiffer L, Stolley M. R, Fitzgibbon ML. Associations between fiber intake and Body Mass Index (BMI) among African-American women participating in a randomized weight loss and maintenance trial. *Eating Behaviors* 2018, 29:48-53.

53- ITO M, Yoshimoto J, Maeda T, Ishii S, Wada Y, Kishi M, Koikeda T. Effects of high-fiber food product consumption and personal health record use on body mass index and bowel movement. *Journal of Functional Foods* 2023. 102:105443.

54-Lumaga RB, Tagliamonte S, Rosa T, Valentino, V, ERCOLINI D.; VITAGLIONE, P. Consumption of a Sourdough-Leavened Croissant Enriched with a Blend of Fibers Influences Fasting Blood Glucose in a Randomized Controlled Trial in Healthy Subjects. **The Journal of Nutrition**. v.154, n.10, p.2976-2987, 2024.

55- IVERSEN, K. N.; CARLSSON, F.; ANDERSSON, A.; MICHAELSSON, K.; LANGTON, M.; RISÉRUS, U.; HELLSTRÖM, M. LANDBERG, R. A hypocaloric diet rich in high fiber rye foods causes greater reduction in body weight and body fat than a diet rich in refined wheat: A parallel randomized controlled trial in adults with overweight and obesity (the RyeWeight study). **Clinical Nutrition ESPEN**. v.45, p.155-169, 2021.

56- HE et al. Effects of dietary fiber on human health. **Food Science and Human Wellness**. v.11, p.1-10, 2022.

57- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NUTRIOLOGIA (ABRAN). Avaliação do risco cardiovascular e da circunferência abdominal. **Revista Brasileira de Cardiologia**. v. 113, n. 3, p. 211-218, 2020.

58- MEDEIROS, K. F.; SILVA, A. L. S.; FERNANDES, A. C. C. F.; MARTINS, M. C. C. **Composição corporal e avaliação antropométrica de adultos**. Rev enferm UFPE on line., Recife, 9(Supl. 10):1453-60, dez 2015.

59- CRUZ, G. L.; MACHADO, P. P.; ANDRADE, G. C.; LOUZADA, M. L. C.

Alimentos ultraprocessados e o consumo de fibras alimentares no Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, 26(9):4153-4161, 2021.

60- PANNEERSELVAN, L.; RENGARAJAN, H. J. R.; KANDAIAH, R.; BHAGWAT-RUSSELL, G.; PALANISAMI, T. Fibrous foes: First report on insidious microplastic contamination in dietary fiber supplements. **Environmental Pollution**. v.363, p.125248, 2024.

61- ARVANITIS, M. LOWENSTEIN, C. J. DYSLIPIDEMIA. **Annals of Internal Medicine**, v.176, n.6, p.81-96, 2023.

62- SOUZA, N. A.; VIEIRA, S. A.; FONSÊCA, P. C. A.; ANDREOLI, C. S.; PRIORE, S. E.; FRANCESCHINI, S. C. C. **Dislipidemia familiar e fatores associados a alterações no perfil lipídico em crianças.** *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 24, n.1, p. 323-332, 2019.

63- GHAVAMI, et al. Soluble Fiber Supplementation and Serum Lipid Profile: A Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. **Advances in Nutrition**. v.14, p.465–474, 2023.

64- LIN, J.; SUN, Y.; SANTOS, H. O.; GAMAN, M.; BHAT, L.; CUI, Y. Effects of guar gum supplementation on the lipid profile: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases**. v.31, n.12, p.3271-3281, 2021.

65- Yao et al. Dietary fiber intake and risk of type 2 diabetes: A dose-response analysis of prospective studies. **European Journal of Epidemiology**. v.29, p.79–88, 2014.

66- HASEGAWA, Y.; NOLL, A. L.; LANG, D. J.; AKFALY, E. M.; LIU, Z.; BOLLING, B. W. Low-fat yogurt consumption maintains biomarkers of immune function relative to nondairy control food in women with elevated BMI: A randomized controlled crossover trial. **Nutrition Research**. v.129, p.1–13, 2024.

67- MOERINGS et al. Rice-derived arabinoxylan fibers are particle size-dependent inducers of trained immunity in a human macrophage-intestinal epithelial cell co-culture model. **Current Research in Food Science**. v.8, p.100666, 2024.

- 68- SHAN, B. R.; LI, B.; SABBAH, H. A.; XU, H.; MRÁZ, J. Effects of prebiotic dietary fibers and probiotics on human health: With special focus on recent advancement in their encapsulated formulations. **Trends in Food Science & Technology**. v.102, p.178–192, 2020.
- 69- SILVA, G. M.; ASSUMPÇÃO, D.; BARROS, M. B. A.; BARROS FILHO, A. A.; CORONA, L. P. Baixa ingestão de fibras alimentares em idosos: estudo de base populacional ISACAMP 2014/2015. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.26, n.2, p.3865-3874, 2021.
- 70- SILVA, M. F.; BELINO, F. F.; DORNELAS, M. S. T.; REZENDE, L. A.; SANTOS, L. C. **Prevalência de constipação intestinal, oferta de fibras alimentares e ingestão hídrica em idosos de uma instituição de longa permanência na cidade de Sete Lagoas, MG**. BRASPEN J; v. 31, n. 3, p. 247-51, 2016.
- 71- JOHNSON-MARTINEZ et al. Aberrant bowel movement frequencies coincide with increased microbe-derived blood metabolites associated with reduced organ function. **Cell Reports Medicine**. v.5, p.101646, July, 2024.
- 72- Cristiana Santos Andreoli, Sarah Aparecida Vieira-Ribeiro, Poliana Cristina Almeida Fonseca, Ana Vlândia Bandeira Moreira, Sônia Machado Rocha Ribeiro, Mauro Batista de Moraes and Sylvia do Carmo Castro Franceschini⁵. Eating habits, lifestyle and intestinal constipation in children aged four to seven years. *Nutr Hosp*. 36(1):25-31, 2019.
- 73- JOZALA, D. R.; OLIVEIRA, I. S. F.; ORTOLAN, E. V. P.; OLIVEIRA JUNIOR, W. E.; COMES, G. T.; CASSETTARI, V. M. G.; SELF, M. M.; LOURENÇÃO, P. L. T. A. **Brazilian Portuguese translation, cross-cultural adaptation and reproducibility assessment of the modified Bristol Stool Form Scale for children**. *Jornal de Pediatria (Rio J)*, v. 95, n. 3, p. 321-327, 2019.
- 74- AGNOL, T. D.; ARAÚJO, M. P.; LAINO, F.; PARMIGIANO, T. R.; GIRÃO, M. J. B. C.; SARTORI, M. G. F. **Avaliação do hábito intestinal em mulheres atletas e sua relação com nível de hidratação e uso de suplemento**. *Revista Brasileira de Nutrição Esportiva*, São Paulo. v. 10. n. 58. p.458-466. Jul/Ago 2016.

75- SANTOS, L. A.; LEMAIRE, D. C.; LIMA, C. R. O. C.; RIOS, D. L. S.; CONCEIÇÃO, G. C.; BRANDÃO, N. A.; ARAÚJO, E. M. Q. **Tempo de trânsito intestinal de indivíduos portadores de síndrome metabólica pela escala de Bristol.** Rev. Ciênc. Méd. Biol., Salvador, v. 16, n. 3, p. 338-343, set./dez. 2017.

76- VAN DER SCHOOT, A.; DRYSDALE, C.; WHELAN, K.; DIMIDI, E. The effect of fiber supplementation on chronic constipation in adults: An updated systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **American Journal of Clinical Nutrition.** v.116, p.953–969, 2022.

77- PARTULA, V.; DESCHASAUX, M.; DRUESNE-PECOLLO, N.; LATINO-MARTEL, P.; DESMETZ, E.; CHAZELAS, E.; KESSE-GUYOT, E.; JULIA, C.; FEZEU, L. K.; GALAN, P.; HERCBERG, S.; MONDOT, S.; LANTZ, O.; QUINTANA-MURCI, L.; ALBERT, M. L.; DUFFY, D. **Associations between consumption of dietary fibers and the risk of cardiovascular diseases, cancers, type 2 diabetes, and mortality in the prospective NutriNet-Santé cohort.** Am J Clin Nutr;112:195–207, 2020.

78- PORTERA, L. M. S.; SOUZA, P. A.; VOLTOLINI, J. C. **Efeito do uso de biomassa da banana verde e kombucha na saúde intestinal e na composição corporal de mulheres adultas obesas.** Revista Biociências - Universidade de Taubaté - v.27 - n.1 - p. 59-80, 2021.

propriedades químicas e funcionais das sementes e dos óleos prensados a frio. Ciência Rural, Santa Maria, v.44, n.1, p.181-187, jan, 2014.

CAPÍTULO 03

ARTIGO 02: EXAMINATION OF A NOVEL DIETARY FIBER FORMULATION ON MORPHOLOGY AND NUTRITIONAL PHYSIOLOGY OF YOUNG MALE SPRAGUE-DAWLEY RATS FED A HIGH FAT DIET

PeerJ

Milena Figueiredo de Sousa^{a,b}, Jingyu Ling^a, Eduardo Ramirez Asquieri^a, Corrie Whisner^a,

Karen L Sweazea^{a,c}

Accepted: 29 January 2025/ Published: 20 February 2025

SUMMARY

Abstract	67
Introduction	68
Materials and Methods	72
Results	75
Discussion	77
Conclusion	82
Figure legends	83
References	84

Examination of a novel dietary fiber formulation on morphology and nutritional physiology of young male Sprague-Dawley rats fed a high fat diet

Milena Figueiredo de Sousa^{a,b}, Jingyu Ling^a, Eduardo Ramirez Asquieri^c, Corrie Whisner^a, Karen L Sweazea^{a,c}

^aCollege of Health Solutions, Arizona State University, USA; ^bSchool of Pharmacy, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brazil; ^cSchool of Life Sciences, Arizona State University, USA

Abstract

Poor food quality is a public health concern as excess intake of simple sugars and fatty foods, and consequently low consumption of fruits and vegetables, can contribute to obesity and other chronic diseases such as diabetes mellitus, metabolic syndrome, cardiovascular diseases, and cancer. Due to the high prevalence of diseases related to poor food quality, the objective of this study was to evaluate whether the inclusion of a novel fiber-rich complex could prevent high fat diet-induced weight gain, adiposity, hyperglycemia, dyslipidemia, and oxidative stress in young male Sprague-Dawley rats. The novel fiber complex powder consisted of flaxseed, wheat fiber, wheat germ, psyllium, brewer's yeast, and grape flour. The study included 24 six-week old rats divided into three groups that were fed either Control (C; standard rodent maintenance diet) containing 3.8%g fiber; high-fat (H) containing Solka Floc cellulose fiber (6.46%g); or high-fat diet in which 5% of the diet was replaced with the novel fiber complex (HF) for 6 weeks (5%g fiber complex + 6.14%g Solka Floc). Rats in all diet groups gained significant weight during the 6-week feeding period ($p < 0.001$) consistent with normal development. Whereas no differences were observed for blood lipids or beta-hydroxybutyrate, consumption of the high fat (H) diet significantly increased adiposity ($p = 0.005$), liver triglycerides ($p < 0.001$), and fasting whole blood glucose

concentrations ($p < 0.001$). These effects of high fat consumption were not prevented by the inclusion of the novel fiber complex (HF) in this experimental design.

Keywords

Fiber, rodent, high fat diet, metabolic syndrome, diabetes mellitus, cardiovascular diseases.

Introduction

Poor food quality is a public health concern worldwide, especially in Western societies in which many individuals consume energy dense diets rich in sugary and fatty foods, fast food, processed foods, and have low consumption of fruits, grains, seeds and vegetables, which are sources of dietary fiber (Saklayen, 2018). Inadequate fiber intake favors the emergence of chronic diseases such as metabolic syndrome and cardiovascular disease (Jabbari et al., 2023). Faced with this challenging scenario, the food industry has been providing a greater supply of food products with functional components. Products rich in dietary fiber, either marketed alone or mixed, have been an alternative to enrich and improve the diet (Tao et al., 2023).

Dietary fibers can be defined as plant materials (e.g. cellulose, pectin, lignin) that cannot be hydrolyzed by digestive enzymes during the digestive process. As such, the term “dietary fiber” is given to a set of non-digestible carbohydrate compounds present in plants with a structural function (Khorasaniha et al., 2023). Foods rich in dietary fiber associated with a balanced diet are capable of promoting several health benefits. Studies have shown that regular consumption of dietary fiber can help reduce chronic non-communicable diseases such as diabetes, hypertension, cardiovascular disease, and obesity (Ito et al., 2023; Ramirez et al., 2023). Dietary fibers are noted for

their ability to delay gastric emptying, increase motility of the large intestine, delay the absorption of glucose through the intestinal mucosa into the circulation, and reduce plasma cholesterol in humans (Tariq et al., 2023). In addition, fibers regulate the immune system and are fermented by intestinal bacteria that release short-chain fatty acids as a substrate, which can be used as a source of metabolic energy in different tissues (Oshiro et al., 2022; Johnson, 2023).

For many years, fibers were described and characterized according to their solubility (soluble and insoluble fibers). Dietary guidelines recommend female and male adults consume 14 g of fiber per 1,000 calories. Current recommendations do not predict the physiological effects of fibers based on differences in solubility, as both types of fibers are capable of exerting similar effects, differing only in their mechanisms (Gill et al., 2021). Fibers can also be divided according to their molecular weight with cellulose, hemicellulose, gums, mucilages, pectins, beta-glucans, resistant starch, and lignins considered high molecular weight. On the other hand, oligosaccharides and inulin are considered low molecular weight. It is worth mentioning that lignin is not a polysaccharide, but a polymer associated with the plant cell wall. Lignin is included as dietary fiber because it is broken down when exposed to human digestive enzymes (Stribling and Ibrahim, 2023).

Foods rich in soluble and insoluble fiber, such as brown flaxseed, wheat germ, wheat bran, grape flour, psyllium, and brewer's yeast have been well-cited in the scientific literature for having demonstrated beneficial effects in clinical trials. Flaxseed is rich in soluble and insoluble fibers, antioxidants, and omega-3 fatty acids which help prevent osteoporosis, systemic inflammation, cardiovascular diseases (Aguilar et al., 2017; Kajla et al., 2015), and can help reduce the risk of diseases associated with excess weight and hypertension (Machado et al., 2015). Similarly, male six-week old

Sprague-Dawley rats fed a high fat diet (1% and 15% higher cholesterol and lard, respectively) supplemented daily with a ≤ 1 kDa sized flaxseed peptide at an oral dose of 200-800 mg/kg body mass had lower cholesterol and triglycerides in addition to reduced simple steatosis, compared to high fat diet alone (Yuan et al., 2022). Moreover, 1.2-2.4 g/day flaxseed powder has been shown to reduce blood pressure in deoxycorticosterone acetate (DOCA)-salt hypertensive male Wistar/ST rats (Watanabe et al., 2020).

From the industrial processing (e.g. milling) of wheat, wheat bran can be captured and separated from endosperm and germ layers of the kernels. Wheat bran is rich in dietary fiber and antioxidant compounds. It is considered an excellent source of dietary fiber, which can comprise up to 50% of its composition (Li et al., 2023). A study of male Sprague-Dawley rats fed a high-sucrose diet showed that 10-20% wheat bran was effective at decreasing cholesterol whereas 5-20% decreased lipids and glucose (Ahmad and Takruri, 2015). Similarly, 10%g or more wheat bran incorporated into the diet of male Sprague-Dawley rats was shown to decrease cholesterol and lipids (Thannoun, 2005). Administration of feruloyl oligosaccharides from wheat bran increases antioxidants while decreasing oxidative stress and glucose concentrations in type 1 diabetic rats (Ou et al., 2007) while carboxymethylated wheat bran fibers similarly improved glucose regulation in type 2 diabetic mice (Li et al., 2021). The consumption of wheat germ can also improve intestinal motility, contribute to reducing inflammation, and exert immunomodulatory effects in human subjects (Hasanloei et al., 2021).

Grape seed flour is a promising ingredient as it is a natural dietary source of antioxidants (Özvural and Vural, 2011). Studies have shown that the proanthocyanidins present in grape seed flour were capable of inducing apoptosis and

preventing metastasis of cultured breast and colon cancer cells (Lutterodt et al., 2011). In mice with high fat diet-induced obesity, grape seed flour has been shown to prevent obesity, increase adipose tissue thermogenesis (Zhou et al., 2019), improve insulin sensitivity, reduce cholesterol, and attenuate hepatic steatosis (Seo et al., 2016). Similarly, grape seed flour improves liver steatosis and lowers cholesterol as well as abdominal fat in hamsters with high fat diet-induced obesity (Kim et al., 2014).

The psyllium plant is mainly of eastern Mediterranean origin. Derived from the shell of the *Plantago ovata* seed (Martellet et al., 2022), it is rich in gel-forming soluble dietary fiber, acts on intestinal motility, and recent meta-analyses demonstrate its efficacy in treating symptoms related to metabolic syndrome and diabetes (Gholami et al., 2024; Gholami and Paknahad, 2023). Psyllium fiber supplementation (5%g) has also been shown to reduce epididymal and perirenal fat mass as well as triglycerides and total cholesterol in seven-week old male Sprague-Dawley rats fed a 52%g high fat diet after 4 weeks (Kang et al., 2007). Supplementation with 5-10%g psyllium fiber supplementation for 21 days significantly reduced liver and serum cholesterol by increasing sterol biosynthesis in the liver of 30 and 90-day old male Sprague-Dawley rats (Arjmandi et al., 1997; Daggy et al, 1995).

Brewer's yeast is a unicellular organism and a source of active peptides and has outstanding antihypertensive, antihyperglycemic, antimicrobial, and rich antioxidant effects (Hosseinzadeh et al., 2013; Oliveira et al., 2022). Due to its valuable nutritional composition, it has been increasingly used as a supplement to food (Amorim et al., 2016). Similarly, brewer's yeast biomass, a byproduct of brewing beer, was shown to exert anti-obesity and anti-diabetic effects in Sprague-Dawley rats including reduced lipids and insulin as well as increased liver antioxidants (Chang et al., 2019).

Given the encouraging results from studies examining individual dietary fibers and yeast, we examined the effects of a novel fiber complex at preventing high fat diet-induced dyslipidemia, hyperglycemia, and weight gain. While individual fibers have been shown to have beneficial effects on lipids, glucose, gut function, or oxidative stress, we hypothesized that the fiber complex would improve multiple symptoms in rats fed a high fat diet. Thus, this study aimed to understand the effects of fiber complex supplementation on glycemic, lipid, and morphological parameters in male rats. We hypothesized that the novel fiber complex would prevent symptoms of metabolic syndrome associated with a high fat diet.

Materials and Methods

All procedures were approved by the Arizona State University Institutional Animal Care and Use Committee and complied with AVMA and NSF guidelines. Twenty-four six-week-old male Sprague-Dawley rats (*Rattus norvegicus*) with an average weight of 141 to 165g were used in this study (Inotiv, West Lafayette, IN). Females were excluded as estrogen is protective from cardiovascular diseases and MetS in young rats. Animals were housed in the Department of Animal Care Technology at Arizona State University. From the moment the animals arrived in the facility, they were housed in pairs at an ambient temperature, and provided tunnels and nylabones for enrichment. Animals were exposed to a 12h L:D cycle and were provided standard rodent diet (2018 Teklad Global 18% protein chow diet) and water *ad libitum* for the first few days after arrival. Animals were weighed one day after arrival to obtain baseline body mass and were randomly assigned after 3 days using the blocking method to one of 3 groups, in which each group of 8 rats received one of the following diets from the initial day of the experiment: standard rodent chow (C); High-

fat Diet (H); and H + Fiber complex (HF) for 6 weeks. Sample sizes were based on power analyses from prior studies of interventions used to assess and prevent high fat diet mediated pathologies in rats (Sweazea, Lekic, Walker, 2010). Cages and food were replaced 2 times per week. After 6 weeks, the animals were euthanized (sodium pentobarbital, 200 mg/kg, i.p.) to collect organs, tissues, and cardiac blood for further studies as described below.

Diets:

All animals were fed standard plant-based rodent chow (Chow) maintenance diet (2018 Teklad, Inotiv, Indianapolis, IN, USA) upon arrival. Standard chow is comprised of (in kcal%) 58% carbohydrates (54% wheat, 40% corn, and the remainder of soybean meal), 24% protein (35% wheat, 34% corn, 26% soy products), and 18% fat (60% soybean products, 40% wheat and corn-derived). The chow diet also contained 3.8 %g diet of fiber (79.5% neutral detergent fiber and 20.5% crude fiber). The macronutrient composition of the high fat diet with and without the fiber complex is shown in Table 1. The high fat diet was purchased from Research Diets Inc. (D12492, New Brunswick, NJ, USA). For the preparation of the fiber complex, six raw materials rich in soluble and insoluble fibers were weighed in proportions described in Table 2, ground using a food processor (Osterizer Classic, Sunbeam-Oster Co., Inc, Fort Lauderdale, FL, USA), and stored at -20°C. The HF diet was created by mixing 5% of the novel fiber complex and 95% high fat diet into pellets. The HF diet pellets were prepared fresh weekly and stored at -20°C until use.

Morphometrics

Body mass was measured weekly (to the nearest g) to assess changes in response to the diets. Nasoanal and tail length as well as abdominal circumference (immediately anterior to the hindleg) were measured using a flexible measuring tape (in cm) at the end of the trial. Following euthanasia, the epididymal fat pad was extracted from each animal to assess adiposity as previously described (Sweazea et al., 2010) and liver as well as hearts were weighed (in g) for comparison. Liver triacylglycerol concentrations were measured according to published methods (Jouihan et al., 2012).

Biochemical parameters

Blood was collected from the caudal vein of all animals using a 26-gauge needle at weeks 3 and 6 for the analysis of fasting blood glucose and at week 6 to assess lipid profiles, beta-hydroxybutyrate, and oxidative stress. Rats were fasted by providing a small aliquot of food (3g/rat at baseline and week 3 and 5g/rat at week 6) the afternoon before (3pm) fasting blood collections. The following morning, blood samples (300–500 μ L) were collected from the caudal vein using a 26-gauge needle. Whole blood glucose concentrations were measured using a digital veterinary glucometer (AlphaTrak 2, Zoetis, Parsippany, New Jersey, USA). The lipid profile of whole blood was measured using an automatic biochemistry analyzer (CardioChek Professional, PTS Diagnostics, Whitestown, Indiana, USA) to measure total cholesterol, HDL cholesterol, and triglycerides.

Following euthanasia, blood was collected via cardiac puncture into heparinized and EDTA-containing vacutainers. Whole blood was centrifuged at 14,000 rpm at 4°C and plasma was collected and stored at -80°C for the measurement of triglycerides,

free glycerol, beta-hydroxybutyrate, and TBARS (a marker of oxidized lipoproteins). Plasma triglycerides (total and true) and free glycerol were measured using a commercially available kit (Cat. No. TR0100; Sigma Aldrich, St. Louis, MO, USA). In this assay, free glycerol concentrations in the plasma are measured first, then triglycerides in the plasma are converted enzymatically using lipoprotein lipase to glycerol and free fatty acids to determine total triglyceride concentrations. True triglyceride concentrations thus reflect total triglyceride minus the free glycerol concentrations initially present in the samples. Beta-hydroxybutyrate (Cat. No. 700190, Cayman Chemical, Ann Arbor, MI, USA), and thiobarbituric acid reactive substances (TBARS, Cat. No. 0801192, Zeptometrix, Buffalo, NY, USA) were analyzed according to manufacturer protocols using commercially available kits.

Statistical analyses

The data are presented as means \pm SEM. Statistical analyses were conducted using either two-way ANOVA with diet and time as factors for data collected at multiple time points or one-way ANOVA for data collected at the study's conclusion (SigmaPlot 14.0, Systat Software, Palo Alto, CA, USA). Post hoc Student-Newman-Keuls analyses were used to compare between and within individual groups. A significance level of ≤ 0.05 was considered statistically significant for all comparisons.

Results

Morphometrics

Figure 1 shows the body mass of rats from each group. There were no significant differences in baseline body mass measurements between the rats in each group (153 ± 2.3 g [C]; 156 ± 1.6 g [H]; and 156 ± 2.1 g [HF]). Rats in all diet groups gained

significant weight over the 6-week feeding period ($p < 0.001$) associated with typical growth. At week 6, the body mass of rats in each group measured (in g) 314 ± 7.6 [C], 324 ± 0.3 [H], and 332 ± 8.6 [HF]. However, there were no significant differences in weight gain between the diet treatments ($p = 0.598$) and no interactions between diet and time ($p = 0.343$).

Animal morphology measures at week 6 are shown in Table 3. There were no significant differences in the size of rats fed each diet as measured by tail length ($p = 0.599$) or nasoanal length ($p = 0.875$). Consistent with the body mass of each group, abdominal circumference also showed no significant variation across groups ($p = 0.477$). However, rats fed high fat diet had significantly more adiposity as compared to rats fed the standard rodent chow as measured by epididymal fat pad mass ($p = 0.005$). Notably, in this experimental design, the fiber complex did not prevent high fat diet-induced increases in epididymal fat pad mass ($p = 1.0$ H v HF). Neither liver nor heart mass were significantly different between groups ($p = 0.086$ and 0.162 , respectively).

Biochemical parameters

Baseline whole blood glucose concentration prior to the start of the dietary treatments was 132.9 ± 5.8 mg/dL. Fasting whole blood glucose concentrations measured at weeks 3 and 6 are shown in Figure 2. Two-way repeated measures analysis of variance indicated that diet significantly affected fasting whole blood glucose concentrations at weeks 3 and 6 ($p < 0.001$). Student-Newman-Keuls posthoc analysis revealed that both H and HF animals had significantly higher fasting blood glucose concentrations compared to rats fed the standard rodent chow at both time

points ($p < 0.001$). However, in this experimental design, the fiber complex did not prevent high fat diet-induced fasting hyperglycemia ($p = 0.503$ H vs HF).

For most animals, fasting total and LDL cholesterol concentrations were below the detection limit of the meter, thus data are not reported for these variables. Mean fasting whole blood HDL cholesterol and triglyceride concentrations for all animals at baseline were 66.1 ± 2.3 mg/dL and 77.8 ± 7.1 mg/dL, respectively. Fasting whole blood HDL cholesterol and triglyceride concentrations at week 6 are shown in Table 4. There were no significant differences between groups in whole blood fasting HDL or triglycerides after 6 weeks of each dietary treatment ($p = 0.297$ and 0.624 , respectively). Similarly, plasma true triglycerides and free glycerol were not significantly different between groups ($p = 0.156$ and 0.258 , respectively; Table 4). The triacylglycerol content in the liver showed a significant difference between the high-fat groups compared to the chow diet (< 0.001) with animals fed a high fat diet developing hepatic steatosis that, in this experimental design, was not prevented with the fiber complex. The levels of beta-hydroxybutyrate (BHB) and TBARs measured in animals from each group did not demonstrate significant differences at the end of the study.

Discussion

Contrary to the hypothesis, the novel fiber complex did not prevent hyperglycemia or hepatic steatosis in rats fed a high fat diet in this experimental design. The efficacy of dietary fibers depends on several factors, such as fiber type, particle size, solubility, surface area, viscosity, dose and duration. Sensory studies with rats demonstrate the animals' preference for ingesting fat, which is also common in humans due to its high palatability. Through the perception of fat by the taste buds, signals are sent to the brain, which in response secretes neurotransmitters such as dopamine and

endorphins. Therefore, an increase in intake reflects higher daily energy consumption (Hariri and Thibault, 2010). Regular consumption of high-calorie low-fiber diets contribute to metabolic syndrome and obesity. These are non-communicable diseases considered a public health problem and are part of the group of diseases with high rates of morbidity and mortality. While obesity is considered a disease caused by abnormal or excessive accumulation of body fat, metabolic syndrome is diagnosed when a patient exhibits at least three of the following symptoms: high fasting blood glucose or triglycerides, low HDL cholesterol, hypertension, or central obesity (Torres et al., 2022; Yustisia et al., 2022). Although obesity is commonly seen in people with metabolic syndrome, it is not a requirement for diagnosis. In fact, data from a survey showed that 17% of individuals with a normal body mass index had metabolic syndrome (Suliga et al., 2016). Likewise, Coelho et al. (2021) noted that individuals with normal weight had a similar risk for developing metabolic syndrome when compared to obese individuals.

In a prior study, male Sprague-Dawley rats were fed either a diet high in saturated fats, sucrose, or a control diet for 6 weeks. The results demonstrated that the high fat and high sucrose groups gained more weight and epididymal fat mass compared to the chow diet (Sweazea, Lekic, Walker, 2010). Although the results obtained in this study showed weight gain patterns consistent with normal growth and development during the 6 week study, rats fed the high fat diet gained significantly more epididymal fat mass compared to those in the chow group. The fiber complex did not prevent high-fat diet-induced increases in adiposity in this experimental design. According to Bastiás-Pérez, Serra and Herrero (2020), Sprague-Dawley rats gain weight easily on a high-fat diet. However, consistent with the current findings, the authors note that there is a wide variation in weight gain among rats, with weight gain

appearing both in groups consuming high and low fat diets. In fact, a study found that feeding young male Sprague-Dawley rats a diet with very little fat resulted in weight gain, compared to those fed control or high fat diets which were attributed to increased lean mass (Harris, 1991). Mateos-Aparicio et al. (2020) evaluated 24 rats supplemented with fiber from an apple by-product until it comprised 20%g of the dietary fiber for 5 weeks. Corroborating the results of this study, they did not find a significant difference in weight gain or in the weight of the organs (liver and heart), between the control group and the group with fiber supplementation. In contrast, another study found that rats fed a high-fat diet for 8 weeks supplemented with fiber from black currant and strawberry (66.5 and 51.3%g) had decreased body weight, and reduced epididymal fat mass (Jurgonski et al., 2016). Similarly, Rotimi et al. (2012) investigated the effects of high-fiber diets in obese rats and found the diets significantly reduced ($p < 0.05$) weight gain. These variations in weight gain and adiposity responses are similar to heterogenous responses observed in the development of human obesity. Although it is worth noting that variations in dietary fiber types, doses, and treatment lengths likely contribute to variations in outcomes.

High fat intake is also associated with fatty liver disease. A study of male Wistar rats observed that triglycerides as well as the ratio of visceral fat and liver mass to body mass were higher in the group fed a high-fat diet than in the control group fed standard chow, similar to the results of this study (Liu et al., 2016). The fiber complex did not prevent liver steatosis in the current experimental design. Kanazawa et al. (2008) studied four groups of male Sprague-Dawley rats fed a 60% sucrose diet (control) or one of three diets containing corn starch (CS), Benimaru potato starch (BM), or Hokkaikogane potato starch (HK). In the BM and HK diet groups, liver triglyceride levels decreased compared with the control and CS groups. Differing from this study,

Jiang et al. (2021) evaluated the effects of dietary egg white protein hydrolyzate on improving orotic acid-induced fatty liver in male Sprague-Dawley rats. After 14 days of feeding, no particular differences were found in initial and final body weights between the four groups. However, the egg white protein significantly reduced liver triglyceride levels. From a physiological point of view, a high-fat diet favors an increase in liver lipids. Excess free fatty acids in hepatocytes contribute to lipogenesis, inhibition of lipolysis, and increased lipid mass in the organ.

Fatty acids in the liver may come from plasma non-esterified fatty acids, mainly derived from adipose tissue lipolysis; lipogenesis, mainly from glucose; and dietary free fatty acids in the form of chylomicrons. In the liver, such acids are oxidized by mitochondrial beta-oxidation or used to form triglycerides. The latter are exported to the bloodstream or accumulate in lipid concentrates in hepatocytes (Malagó-Jr et al., 2021; Rocha et al. 2023). The lipid profile of the animals in each dietary group showed no significant differences in the present study. However, further studies are warranted evaluating the efficacy of fiber complex consumption in preventing high fat diet induced dyslipidemia over a longer duration of time, since high fat diets may take longer to induce dyslipidemia in some rat strains, which may have been a limiting factor in the present work. Similar to the results demonstrated in the present study, Li et al. (2020) evaluated rats supplemented with barley fiber and did not observe positive effects on serum levels of total cholesterol or HDL.

However, Nandi et al. (2019) evaluated a group of 5 adult rats for only 32 days, supplemented with fibers extracted from flaxseed, rice bran, and sesame husk and found a reduction in total cholesterol and triglyceride levels, the concentration of HDL cholesterol was also significantly higher and serum LDL concentrations were

significantly lower. This contrasts the findings from the present study of adolescent rats.

Following the 6-week study, animals in both the high-fat (H) and high-fat + fiber (HF) groups developed hyperglycemia compared to the control group (with no significant difference between the H and HF groups). Thus, in this experimental design, the fiber complex did not prevent hyperglycemia induced by a six-week high fat diet. These findings are similar to a study aimed at assessing diets that induce insulin resistance and impair glucose metabolism in rats as a potential model for studying type 2 diabetes. Male Sprague Dawley rats were divided into three groups and fed control, high-fat, or high-fructose diets for three months. Surprisingly, all groups showed similar weight gain, glucose tolerance, insulin levels, and muscle glycogen synthesis, indicating that the rats adapted to the diets without developing insulin resistance or impaired glucose tolerance (Stark et al., 2000).

In contrast, a recent study carried out by Ge et al. (2023) examining rats supplemented with insoluble fiber demonstrated benefits such as promoting liver health, reducing lipid deposits, and a positive impact on the metabolism of glycolipids. In a similar study, consumption of barley fiber from the Tibetan highlands by 60 rats for 15 weeks significantly reduced weight gain and dyslipidemia, improved glucose tolerance, and increased short-chain fatty acids (SCFA) in the feces of mice (Gan et al., 2023). In contrast, results from the present study show that the fiber complex was not effective at preventing increased adiposity or hyperglycemia in rats fed a high fat diet. According to the data obtained in this work and the literature presented, it is necessary to highlight that it is not yet clear whether various dietary fibers provide similar beneficial roles in reducing adiposity. Another limitation is the potential variation

in the individual response to each type of fiber as well as the different forms of intervention (Wen et al. 2023).

Beta-hydroxybutyrate (BHB) is an essential ketone body synthesized in the liver from fatty acids, serving as a crucial energy source during periods of low glucose availability, such as during ketogenic diets characterized by food deprivation and high-fat intake (Newman and Verdin, 2017). Although animals fed the high fat diets developed hyperglycemia, BHB were not significantly different between groups in the current study. Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) are commonly used to estimate lipid peroxidation, a marker of oxidative stress. Although elevated plasma and tissue TBARS have been reported in prior studies of rats fed a high fat diet for 6-12 weeks (Elmarakby and Imig, 2009; Sweazea, Lekic, Walker, 2010; Tian et al., 2011), the levels of TBARS measured in animals from each dietary group of the present study showed no significant differences after the six-week intervention.

Limitations of the present study included the short duration feeding protocol as well as a lack of fiber-depleted chow and high fat diets. In fact, animals in the high fat group were consuming more fiber per gram of diet as compared to the standard chow diet (6.5 vs 3.8%g diet, respectively). Thus, the addition of 5% to the high fat diet may not have been sufficient to prevent high fat diet induced adiposity and hyperglycemia. As the animals were pair housed for the duration of the study, as per AVMA guidelines, it was not possible to measure individual food intake nor was the activity of animals measured.

Conclusions

While high fat intake resulted in increased adiposity and hyperglycemia, the addition of 5% fiber complex was not effective, in the present experimental design, at preventing the deleterious effects of a high fat diet. The lack of overall weight gain combined with increased epididymal fat and hyperglycemia are similar to recent

studies of humans whose BMI fell within the normal range but had visceral obesity and fasting hyperglycemia (Suliga et al., 2016). Even though this study did not support the addition of 5% fiber complex to prevent complications associated with short term high fat intake, additional studies that consider longer treatment periods and higher doses are recommended as this study focused on the early effects of poor nutrition. In addition, studies that incorporate different dietary fibers are warranted to assess the most effective combinations for preventing or treating specific metabolic conditions.

Acknowledgements

This research was supported and funded by the Arizona State University College of Health Solutions. Thanks to the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) for the financial support to researcher Milena Figueiredo during her exchange at Arizona State University (Arizona-USA). Funds were additionally provided by the Graduate and Professional Student Association at Arizona State University (J Ling).

Figure Legends

Figure 1. The alteration in body mass from weeks 0 to 6 is presented as the mean \pm SEM. A two-way repeated measures ANOVA was conducted with diet and time as factors to analyze the data. Throughout the 6-week diet period, all rats experienced weight gain ($p < 0.001$). No significant distinctions were observed in weight gain among the various diet treatments ($p = 0.598$), and no interactions were found between diet and time ($p = 0.343$). Each group consisted of $n = 8$ male Sprague-Dawley rats.

Figure 2. Whole blood glucose concentrations after 3 and 6 weeks following each diet. Data are expressed as means \pm SEM. Data were analyzed by two-way repeated

measures ANOVA with diet and time as factors. Student-Newman-Keuls posthoc analyses revealed that animals fed either high fat diet (H) or high fat diet + fiber (HF) had significantly higher whole blood glucose concentrations as compared to animals fed the standard rodent chow (C), $*p < 0.001$. In this experimental design, fiber supplementation did not prevent high fat diet-induced hyperglycemia ($p = 0.503$). Each dietary group comprised $n = 8$ male Sprague-Dawley rats.

Figure 3. Boxplot showing liver triglyceride concentrations six weeks after each diet. Data are expressed as means \pm SEM. Data were analyzed by one-way ANOVA. Student-Newman-Keuls posthoc analyses. Boxplots show the interquartile range with the solid horizontal line indicating the median. The whiskers depict the minimum and maximum values. $*p < 0.001$ vs standard rodent Chow.

Figure 4. Boxplot showing plasma oxidized lipoproteins (TBARS) six weeks after each diet. Data are expressed as means \pm SEM. Data were analyzed by one-way ANOVA. Student-Newman-Keuls posthoc analyses. Boxplots show the interquartile range with the solid horizontal line indicating the median. The whiskers depict the minimum and maximum values. No significant differences in TBARS were observed between groups ($p = 0.412$).

References

Aguilar, C. M., Sant'Ana, C. T., Costa, A. G. V., Silva, P. I., Costa, N. M. B. (2017). Comparative effects of brown and golden flaxseeds on body composition, inflammation and bone remodelling biomarkers in perimenopausal overweight women. *Journal of Functional Foods*. 33, 166–175. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.03.037>

Ahmad, M. N., Takruri, H. R. (2015). The effect of dietary wheat bran on sucrose-induced changes and lipids in rats. *Nutricion Hospitalaria*. 32(4), 1636-1644.

<https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.4.9457>

Amorim, M., Pereira, J. O., Gomes, D., Pereira, C. D., Pinheiro, H., Pintado, M. (2016). Nutritional ingredients from spent brewer's yeast obtained by hydrolysis and selective membrane filtration integrated in a pilot process. *Journal of Food Engineering*. 185, 42–47.

<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.03.032>

Arjmandi, B.H., Sohn, E., Juma, S., Murthy, S.R., Daggy, B.P. (1997). Native and partially hydrolyzed psyllium have comparable effects on cholesterol metabolism in rats. *Journal of Nutrition*. 127(3), 463-469. <https://doi.org/10.1093/jn/127.3.463>

Avirineni, B. S., Singh, A., Zapata, R. C., Phillips, C. D., Chelikani, P. K. (2022). Dietary whey and egg proteins interact with inulin fiber to modulate energy balance and gut microbiota in obese rats. *Journal of Nutritional Biochemistry*. 99, 108860.

<https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2021.108860>

Bastías-Perez, M., Serra, D., Herrero, L. (2020). Dietary options for rodents in the study of obesity. *Nutrients*. 12, 3234. <https://doi.org/10.3390/nu12113234>

Carboni, A. D., Weisstaub, A., Ferrero, C., Zuleta, A., Puppo, M. C. (2022). Impact of lentil-wheat bread on calcium metabolism, cecal and serum parameters in growing Wistar rats. *Food Bioscience*. 48, 101805. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101805>

Chang, C. L., Kao, T. H. (2019). Antiobesity effect of brewer's yeast biomass in animal model. *Journal of Functional Foods*. 55, 255-262.

<https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.02.027>

Coelho, C. C. N. S., Braganca, M. L. B. M., Oliveira, B. R., Bettioli, H., Barbieri, M. A., Cardoso, V. C., Silva, A. A. M. (2021). Incidence of metabolic syndrome in adults with healthy weight, normal weight obesity, and overweight/obesity. *Nutrition*. 85, 111134.

<https://doi.org/10.1016/j.nut.2020.111134>

Crawford, M., Whisner, C., Al-Nakkash, L., Sweazea, K. L. (2019). Six-week high-fat diet alters the gut microbiome and promotes cecal inflammation, endotoxin production, and simple steatosis without obesity in male rats. *Lipids*. 54(2-3), 119-131.

<https://doi.org/10.1002/lipd.12131>

Da Rocha, K. V., Bueno, J. V. M., Neves, P. H. G., Almeida, P. P. A. C., Bueno, A. C. M., Cabral, M. D., Gomes, G. M., Vogas, K. C. P. B. (2023). Update on the therapeutic approach of non-alcoholic fatty liver disease: a literature review. *Ibero-American Journal of Humanities, Sciences and Education*. 9, 164–183.

<https://doi.org/10.51891/rease.v9i8.10795>

Daggy, B.P., Sun, P., Sohn, E., Juma, S., Amin, D., Arjmandi, B.H. (1995). Psyllium feeding increases the rates of hepatic and intestinal sterol biosynthesis while lowering the plasma and hepatic cholesterol levels in rats. *Journal of the American Dietetics Association*. 95(9, Supplement), A19. [https://doi.org/10.1016/S0002-8223\(95\)00413-0](https://doi.org/10.1016/S0002-8223(95)00413-0)

Elmarakby, A. A., Imig, J. D. (2009). Obesity is the major contributor to vascular dysfunction and inflammation in high-fat diet hypertensive rats. *Clinical Science*. 118(4), 291-301. <https://doi.org/10.1042/CS20090395>

Estanyol-Torres, N., Domenech-Coca, C., González-Domínguez, R., Miñarro, A., Reverter, F., Moreno-Muñoz, J. A., Jiménez, J., Martín-Palomas, M., Castellano-Escuder, P., Mostafa, H., García-Vallvé, S., Abasolo, N., Rodríguez, M. A., Torrell, H., del Bas, J. M., Sanchez-Pla, A., Caimari, A., Mas-Capdevila, A., Andres-Lacueva, C., Crescenti, A. (2023). A mixture of four dietary fibres ameliorates adiposity and improves metabolic profile and intestinal health in cafeteria-fed obese rats: an integrative multi-omics approach. *Journal of Nutritional Biochemistry*. 111, 109184. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2022.109184>

Gan, L., Han, J., Li, C., Tang, J., Wang, X., Ma, Y., Chen, Y., Xiao, D., Guo, X. (2023). Tibetan highland barley fiber improves obesity and regulates gut microbiota in high-fat diet-fed mice. *Food Bioscience*. 53, 102620. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102620>

Ge, Y., Wei, C., Arumugam, U. R., Wu, Y., Cao, L. (2023). Quinoa bran insoluble dietary fiber-zinc chelate mediates intestinal flora structure to regulate glucose and lipid metabolism in obese rats. *Journal of Functional Foods*. 108, 105765. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105765>

Gholami, Z., Clark, C. C. T., Paknahad, Z. (2024). The effect of psyllium on fasting blood sugar, HbA1c, HOMA-IR, and insulin control: a GRADE-assessed systematic

review and meta-analysis of randomized controlled trials. *BMC Endocrine Disorders*. 24(1), 82. <https://doi.org/10.1186/s12902-024-01608-2>

Gholami, Z., Paknahad, Z. (2023). Effect of psyllium consumption on metabolic syndrome indices: Systematic review and dose–response meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Functional Foods*. 107, 105685. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105685>

Gill, S. K., Rossi, M., Bajka, B., Whelan, K. (2021). Dietary fibre in gastrointestinal health and disease. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*. 18, 101–116. <https://doi.org/10.1038/s41575-020-00375-4>

Hariri, N., Thibault, L. (2010). High-fat diet-induced obesity in animal models. *Nutrition Research Reviews*. 23, 270–299. <https://doi.org/10.1017/S0954422410000168>

Harris, R. B. S. (1991). Growth measurements in Sprague-Dawley rats fed diets of very low fat concentration. *Journal of Nutrition*. 121(7), 1075-1080. <https://doi.org/10.1093/jn/121.7.1075>

Hasanloei, M. A. V., Rahimlou, M., Shojaa, H., Morshedzadeh, N., Tavasolian, R., Hashemi, R. (2021). The effect of wheat germ-enriched enteral formula on clinical and anthropometric factors in mechanically ventilated patients admitted to the intensive care unit. *Clinical Nutrition ESPEN*. 46, 40–46. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2021.09.001>

Hosseinzadeh, P., Javanbakht, M. H., Mostafavi, S. A., Djaladi, M., Derakhshanian, H., Hajianfar, H., Bahonar, A., Djazayeri, A. (2013). Brewer's Yeast Improves Glycemic Indices in Type 2 Diabetes Mellitus. *International Journal of Preventative Medicine*. 4(10), 1131-1138.

Huang, H., Chen, J., Ao, T., Chen, Y., Xie, J., Hu, X., Yu, Q. (2022). Exploration of the role of bound polyphenols on tea residues dietary fiber improving diabetic hepatorenal injury and metabolic disorders. *Food Research International*. 162, 112062. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112062>

Ito, M., Yoshimoto, J., Maeda, T., Ishii, S., Wada, Y., Kishi, M., Koikeda, T. (2023). Effects of high-fiber food product consumption and personal health record use on body mass index and bowel movement. *Journal of Functional Foods*. 102, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105443>

Jabbari, M., Eini-Zinab, H., Safaei, E., Poursoleiman, F., Amini, B., Babashahi, M., Barati, M., Hekmatdoost, A. (2023). Determination of the level of evidence for the association between different food groups/items and dietary fiber intake and the risk of cardiovascular diseases and hypertension: An umbrella review. *Nutrition Research*. 111, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2022.12.011>

Jiang, Z., Kimura, Y., Shirouchi, B., Tanaka, Y., Tsai, W., Yuan, X., Sato, M. (2021). Dietary egg white protein hydrolysate improves orotic acid-induced fatty liver in rats by promoting hepatic phospholipid synthesis and microsomal triglyceride transfer protein expression. *The Journal of Nutritional Biochemistry*. 98, 108820. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2021.108820>

Johnson, I. T. (2023). Dietary fiber: Physiological effects and health outcomes. *Encyclopedia of Human Nutrition* (Third Edition), 4th edition, 2, 50–54. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375083-9.00106-9>.

Jurgonski, A., Jus´kiewicz, J., Sójka, M., Karlin´ska, E. (2016). Diet-induced disorders in rats are more efficiently attenuated by initial rather than delayed supplementation with polyphenol-rich berry fibres. *Journal of Functional Foods*. 22, 556–564. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.02.018>

Kajla, P., Sharma, A., Sood, D. R. (2015). Flaxseed - A potential functional food source. *Journal of Food Science and Technology*. 52(4), 1857-1871. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1293-y>

Kanazawa, T., Atsumi, M., Mineo, H., Fukushima, M., Nishimura, N., Noda, T., Chiji, H. (2008). Ingestion of gelatinized potato starch containing a high level of phosphorus decreases serum and liver lipids in rats. *Biochemistry and Biotechnology*. 57, 335–343. <https://doi.org/10.5650/jos.57.335>

Kang, D.H., Jung, E.Y., Chang, U.J., Bae, S.H., Suh, H.J. (2007). Psyllium husk combined with hydroxycitrate reduces body weight gain and body fat in diet-induced obese rats. *Nutrition Research*. 27(6), 349-355. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2007.04.010>

Kao, C., Yang, Z., Chen, W. (2023). The association between dietary fiber intake and sarcopenia. *Journal of Functional Foods*. 102, 105437.

<https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105437>

Khorasaniha, R., Olof, H., Voisin, A., Armstrong, K., Wine, E., Vasanthan, T., Armstrong, H. (2023). Diversity of fibers in common foods: Key to advancing dietary research. *Food Hydrocolloids*. 139, 108495.

<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108495>

Kim, H., Bartley, G. E., Arvik, T., Lipson, R., Nah, S.-Y., Seo, K., Yokoyama, W. (2014). Dietary supplementation of chardonnay grape seed flour reduces plasma cholesterol concentration, hepatic steatosis, and abdominal fat content in high-fat diet-induced obese hamsters. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 62(8), 1919-1925. <https://doi.org/10.1021/jf404832s>

Li, L., Pan, M., Pan, S., Li, W., Zhong, Y., Hu, J., Nie, S. (2020). Effects of insoluble and soluble fibers isolated from barley on blood glucose, serum lipids, liver function and caecal short-chain fatty acids in type 2 diabetic and normal rats. *Food and Chemical Toxicology*. 135, 110937. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.110937>

Li, X., Wang, L., Jiang, P., Zhu, Y., Zhang, W., Li, R., Tan, B. (2023). The effect of wheat bran dietary fibre and raw wheat bran on the flour and dough properties: A comparative study. *LWT*. 173, 114304. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114304>

Li, W., Zhang, K., Yang, H. (2018). Pectin alleviates high fat (lard) diet-induced nonalcoholic fatty liver disease in mice: Possible role of short-chain fatty acids and gut

microbiota regulated by pectin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 66, 30, 8015–8025. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b02979>

Li, X.-X., Zhang, X.-X., Zhang, R., Ni, Z.-J., Elam, E., Thakur, K., Cespedes-Acuña, C. L., Zhang, J.-G. (2021). Gut modulation based anti-diabetic effects of carboxymethylated wheat bran fiber in high-fat diet/streptozotocin-induced diabetic mice and their protective mechanisms. *Food and Chemical Toxicology*. 152, 112235. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.112235>

Liu, J., Han, L., Zhu, L., Yu, Y. (2016). Free fatty acids, not triglycerides, are associated with non-alcoholic liver injury progression in high fat diet induced obese rats. *Lipids in Health and Disease*. 15–27. <https://doi.org/10.1186/s12944-016-0194-7>

Lutterodt, H., Slavin, M., Whent, M., Turner, E., Yu, L. (2011). Fatty acid composition, oxidative stability, antioxidant and antiproliferative properties of selected cold-pressed grape seed oils and flours. *Food Chemistry*. 128, 391–399. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.040>

Machado, A. M., Paula, H., Cardoso, L. D., Costa, N. M. B. (2015). Effects of brown and golden flaxseed on the lipid profile, glycemia, inflammatory biomarkers, blood pressure and body composition in overweight adolescents. *Nutrition*. 31, 90–96. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2014.05.002>

Malagó-Jr, W., Rubiatti, A. M. M., Toniolo, C. F. C., Schneider, V. C. (2021). Nutritional effects and biochemical mechanisms in nonalcoholic fatty liver disease. *Revista da*

Associação Brasileira de Nutrição. 12, 195–214.

<https://doi.org/10.47320/rasbran.2021.1436>

Martellet, M. C., Majolo, F., Ducati, R. G., Souza, C. F. V., Goettert, M. I. (2022). Probiotic applications associated with Psyllium fiber as prebiotics geared to a healthy intestinal microbiota: A review. *Nutrition.* 103-104, 111772.

<https://doi.org/10.1016/j.nut.2022.111772>

Mateos-Aparicio, I., Armada, R. P., Pérez-Cózar, M. L., Rupérez, P., Redondo-Cuenca, A., Villanueva-Suárez, M. J. (2020). Apple by-product dietary fibre exhibits potential prebiotic and hypolipidemic effects in high-fat fed Wistar rats. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre.* 23, 100219.

<https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2020.100219>

Nandi, I., Sengupta, A., Ghosh, M. (2019) Effects of dietary fibres extracted from defatted sesame husk, rice bran & flaxseed on hypercholesteromic rats. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre.* 17, 100176.

<https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2018.12.002>

Newman, J. C., Verdin, E. (2017). β -Hydroxybutyrate. *Annual Review of Nutrition.* 37, 51-76. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr.071816-064916>

Oliveira, A. S., Ferreira, C., Pereira, J. O., Pintado, M. E., Carvalho, A. P. (2022). Spent brewer's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) as a potential source of bioactive peptides: An overview. *International Journal of Biological Macromolecules.* 208, 1116–1126.

<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.03.094>

Oshiro, T., Harada, Y., Kubota, K., Sadatomi, D., Sekine, H., Nishiyama, M., Fujitsuka, N. (2022). Associations between intestinal microbiota, fecal properties, and dietary fiber conditions: The Japanese traditional medicine Junchoto ameliorates dietary fiber deficit–induced constipation with F/B ratio alteration in rats. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 152, 113263.

<https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.113263>

Ou, S.-Y., Jackson, G. M., Jiao, X., Chen, J., Wu, J.-Z., Huang, X.-S. (2007). Protection against oxidative stress in diabetic rats by wheat bran feruloyl oligosaccharides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55(8), 3191-3195.

<https://doi.org/10.1021/jf063310v>

Özvural, E. B., Vural, H. (2011). Grape seed flour is a viable ingredient to improve the nutritional profile and reduce lipid oxidation of frankfurters. *Meat Science*. 88, 179–183.

<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.12.022>

Ramirez, M. R., Manuale, D., Yori, J. C. (2023). Assessment of effectiveness of oral supplementation of isolated fiber of carrot on metabolic parameters in mature rats. *Food Science and Human Wellness*. 12, 2022–2028.

<http://doi.org/10.1016/j.fshw.2023.03.016>

Rotimi, O. A., Olayiwola, I. O., Ademuyiwa, O., Balogun, E. A. (2012). Effects of fibre-enriched diets on tissue lipid profiles of MSG obese rats. *Food and Chemical Toxicology*. 50, 4062–4067. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.08.001>

Saklayen, M. G. (2018). The global epidemic of the metabolic syndrome. *Current Hypertension Reports*. 20(2), 12. <https://doi.org/10.1007/s11906-018-0812-z>

Seo, K. H., Bartley, G. E., Tam, C., Kim, H.-S., Kim, D.-H., Chon, J.-W., Kim, H., Yokoyama, W. (2016). Chardonnay grape seed flour ameliorates hepatic steatosis and insulin resistance via altered hepatic gene expression for oxidative stress, inflammation, and lipid and ceramide synthesis in diet-induced obese mice. *PLoS One*. 11(12), e0167680. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167680>

Singh, A., Zapata, R. C., Pexeshki, A., Reidelberger, R. D., Chelikani, P. K. (2018). Inulin fiber dose-dependently modulates energy balance, glucose tolerance, gut microbiota, hormones and diet preference in high-fat-fed male rats. *Journal of Nutritional Biochemistry*. 59, 142–152. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2018.05.017>

Stark, A. H., Timar, B., Madar, Z. (2000). Adaptation of Sprague-Dawley rats to long-term feeding of high fat and high fructose diets. *European Journal of Nutrition*. 39(5), 229-234. <https://doi.org/10.1007/s003940070016>

Stribling, P., Ibrahim, F. (2023). Dietary fibre definition revisited - The case of low molecular weight carbohydrates. *Clinical Nutrition ESPEN*. 55, 340–356. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2023.04.014>

Suliga, E., Koziel, D., Gluszek, S. (2016). Prevalence of metabolic syndrome in normal weight individuals. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*. 23, 631–635.

<http://doi.org/10.5604/12321966.1226858>

Sweazea, K. L., Lekic, M., Walker, B. R. (2010). Comparison of mechanisms involved in impaired vascular reactivity between high sucrose and high fat diets in rats. *Nutrition and Metabolism (Lond)*. 7, 48. <https://doi.org/10.1186/1743-7075-7-48>

Tao, J., Quan, J., Helali, A. E., Lam, W. W. T., Pang, H. (2023). Global trends indicate increasing consumption of dietary sodium and fiber in middle-income countries: A study of 30-year global macrotrends. *Nutrition Research*. 118, 63–69.

<https://doi.org/10.1016/j.nutres.2023.07.005>

Tariq, A., Sahar, A., Usman, M., Sameen, A., Azhar, M., Tahir, R., Younas, R., Khan, M. I. (2023). Extraction of dietary fiber and polyphenols from mango peel and its therapeutic potential to improve gut health. *Food Bioscience*. 53, 102669.

<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102669>

Thannoun, A. M. (2005). Effect of wheat milling by products (bran) and cellulose on cholesterol, lipid profile and atherogenic factor for growing rats. *Mesopotamia Journal of Agriculture*. 33(4), 8-18. <https://doi.org/10.33899/magrj.2005.34859>

Tian, Y.-F., Hsia, T.-L., Hsieh, C.-H., Huang, D.-W., Chen, C.-H., Hsieh, P.-S. (2011). The importance of cyclooxygenase 2-mediated oxidative stress in obesity-induced muscular insulin resistance in high-fat-fed rats. *Life Sciences*. 89(3-4), 107-114.

<https://doi.org/10.1016/j.lfs.2011.05.006>

Vuolo, M. M., Lima, G. C., Batista, A. G., Carazin, C. B. B., Cintra, D. E., Prado, M. A., Junior, M. R. M. (2020). Passion fruit peel intake decreases inflammatory response and reverts lipid peroxidation and adiposity in diet-induced obese rats. *Nutrition Research*. 76, 106–117. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2019.08.007>

Wang, K., Wang, Y., Chen, S., Gu, J., Ni, Y. (2022). Insoluble and soluble dietary fibers from kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) modify gut microbiota to alleviate high-fat diet and streptozotocin-induced type 2 diabetes in rats. *Nutrients*. 14(16), 3369. <https://doi.org/10.3390/nu14163369>

Watanabe, Y., Ohata, K., Fukanoki, A., Fujimoto, N., Matsumoto, M., Nessa, N., Toba, H., Kobara, M., Nakata, T. (2020). Antihypertensive and renoprotective effects of dietary flaxseed and its mechanism of action in deoxycorticosterone acetate-salt hypertensive rats. *Pharmacology*. 105(1-2), 54-62. <https://doi.org/10.1159/000502789>

Wen, J., Li, M., Hu, J., Wang, J., Wang, Z., Chen, C., Yang, J., Huang, X., Xie, M., Nie, S. (2023). Different dietary fibers unequally remodel gut microbiota and charge up anti-obesity effects. *Food Hydrocolloids*. 140, 108617. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108617>

Yuan, X., Bao, X., Liu, X., Li, X. (2022). Flaxseed-derived peptides ameliorate hepatic cholesterol metabolism in Sprague-Dawley rats fed a high-cholesterol and high-fat diet. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 102(12), 5348–5357. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11888>

Yustisia, I., Tandiari, D., Cangara, M. H., Hamid, F., Daud, N. A. (2022). A high-fat, high-fructose diet induced hepatic steatosis, renal lesions, dyslipidemia, and hyperuricemia in non-obese rats. *Heliyon*. 8,10896. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10896>

Zhou, F., Yin, M., Liu, Y., Han, X., Guo, J., Ren, C., Wang, W., Huang, W., Zhan, J., You, Y. (2019). Grape seed flour intake decreases adiposity gain in high-fat-diet induced obese mice by activating thermogenesis. *Journal of Functional Foods*. 62, 103509. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103509>

Table 1. Macronutrient profile of the high fat diet with and without fiber complex.

Ingredients	H (60%kcal high fat diet)	HF (95% H diet + 5% fiber complex)
Proteins (%g diet)	26.23	24.92
Casein, Lactic, 30 Mesh (g)	25.84	24.55
Cystine, L (g)	0.39	0.37
Carbohydrates (%g diet)	25.56	24.29
Lodex 10 (g)	16.15	15.35
Sucrose, fine granulated (g)	9.41	8.94
Fats (%g diet)	34.89	33.15
Lard (g)	31.66	30.08
Soybean Oil, USP (g)	3.23	3.07
Fiber (%g diet)	6.46	11.14
Solka Floc, FCC200 (g)	6.46	6.14
Novel Fiber Complex (g)	0	5
Added Vitamins/Minerals/Dye (g)	6.86	6.52

Table 2: Raw materials used in the preparation of the fiber complex.

Raw material	Proportion (%)
Brown linseed (i.e. flaxseed)	27.0
Brewer's yeast powder	13.1
Psyllium husk powder	10.0
Wheat bran	15.9
Wheat germ	14.8
Chardonnay grapeseed flour	19.2

Table 3: Animal morphology after 6 weeks of each diet.

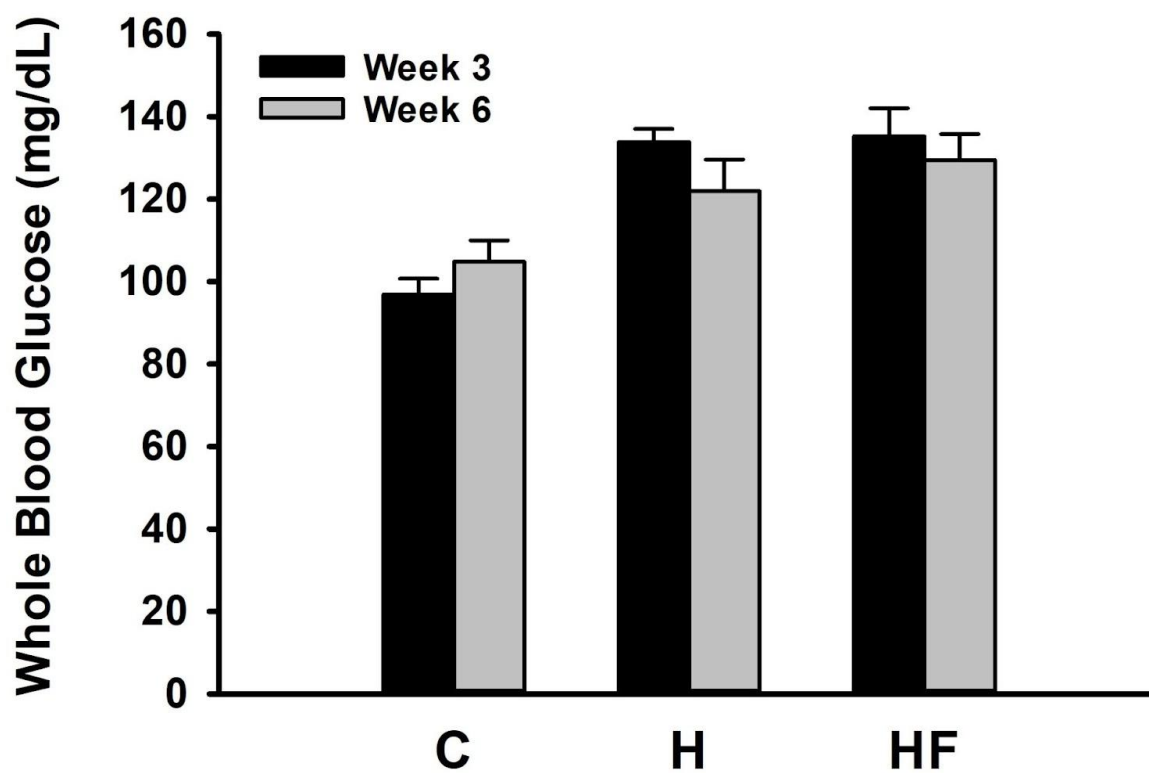
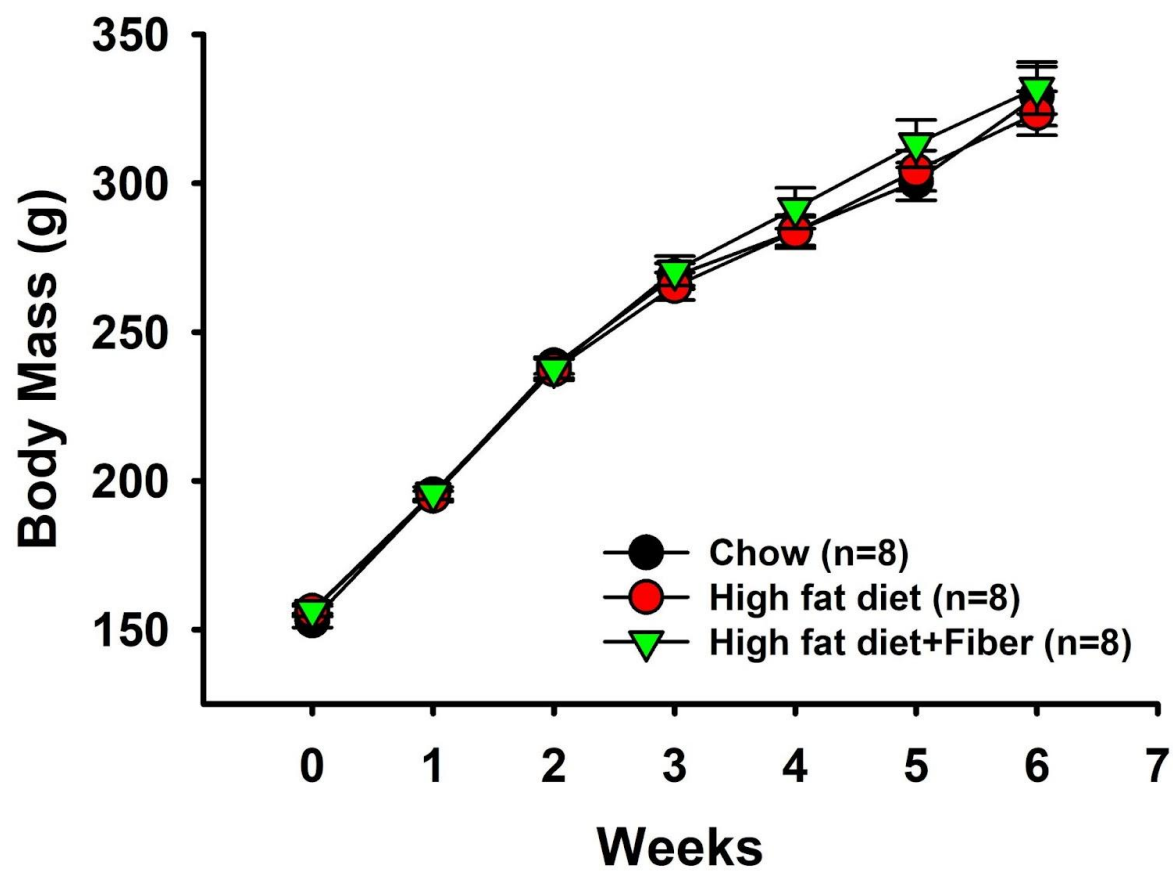
	Chow Diet	High Fat Diet (H)	H + Fiber (HF)	p-value
Body mass (g)	314 ± 7.64	324 ± 0.25	331 ± 8.58	0.332
Abdominal circumference (cm)	15.3 ± 0.2	15.7 ± 0.1	15.7 ± 0.2	0.477
Tail length (cm)	20.2 ± 0.2	20.3 ± 0.3	20.5 ± 0.3	0.599
Naso-anal length (cm)	21.3 ± 0.2	21.4 ± 0.2	21.3 ± 0.2	0.875
Epididymal fat pad mass (g)	2.7 ± 0.2 ^a	4.5 ± 0.3 ^b	4.6 ± 0.5 ^b	0.005
Liver mass (g)	12.1 ± 0.5	10.7 ± 0.4	11.1 ± 0.4	0.086
Heart mass (g)	1.1 ± 0.03	1.1 ± 0.02	1.2 ± 0.06	0.162

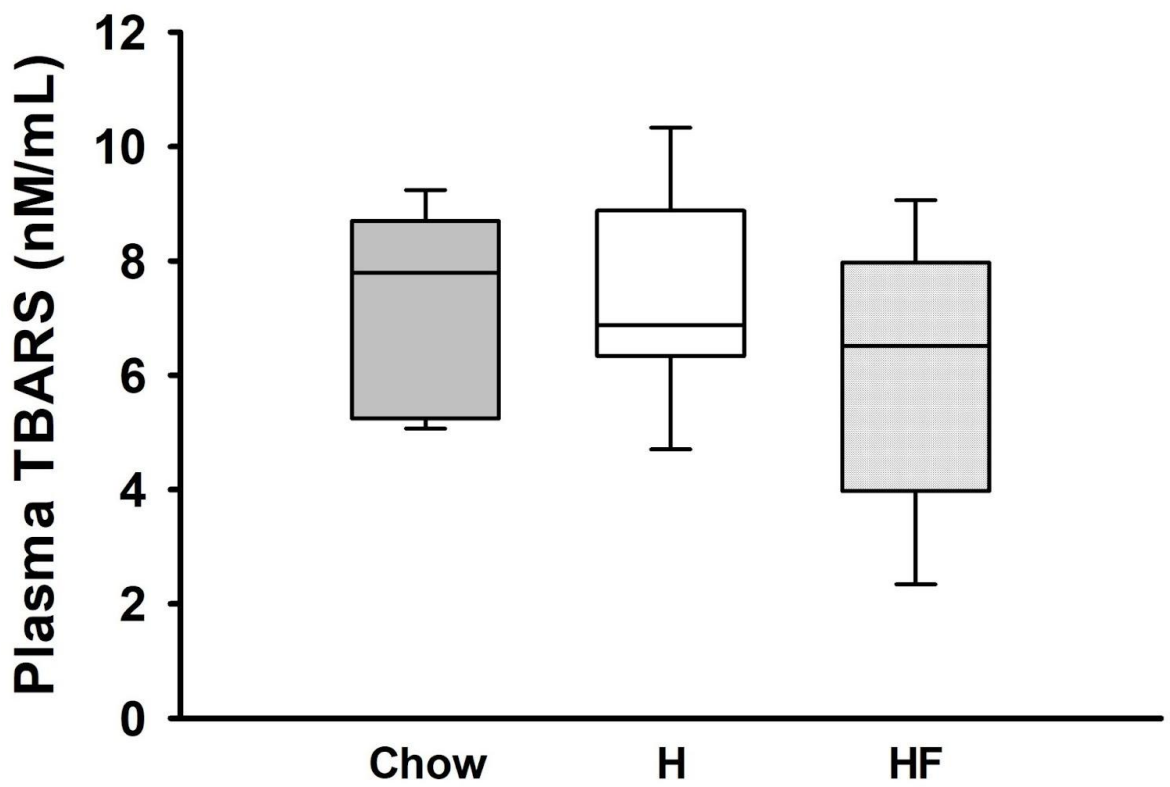
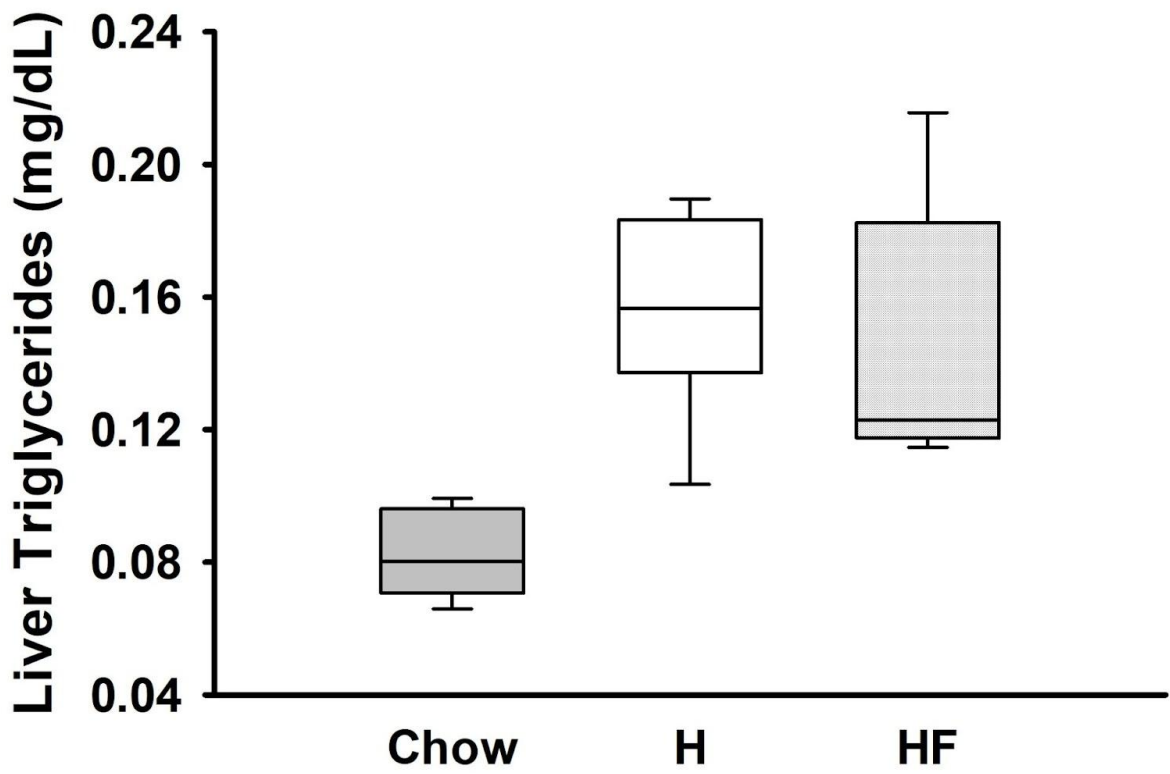
Data expressed as mean ± SEM, analyzed by one-way ANOVA. *different letters indicate significant differences between groups.

Table 4: Lipid profile of rats after six weeks of each diet

Chow (n=8)	High Fat (n=8)	High Fat + Fiber Complex (n=8)	p-value
Fasting Whole Blood HDL Cholesterol (mg/dL)			
55.6 ± 1.81	61.3 ± 2.65	59.1 ± 2.91	0.297
Fasting Whole Blood Triglycerides (mg/dL)			
74.0 ± 3.70	68.1 ± 3.00	71.0 ± 5.57	0.624
Plasma Total Triglycerides (mg/dL)			
36.6 ± 9.63	50.4 ± 4.59	44.2 ± 8.16	0.136
Plasma True Triglycerides (mg/dL)			
35.6 ± 9.00	48.0 ± 4.11	41.7 ± 6.78	0.156
Plasma Free Glycerol (mg/dL)			
0.93 ± 0.66	2.38 ± 0.72	2.48 ± 1.54	0.258
Plasma beta-hydroxybutyrate (mM/L)			
0.21 ± 0.03	0.29 ± 0.03	0.27 ± 0.03	0.185

Data expressed as mean ± SEM and analyzed by One-way ANOVA. True triglycerides = Total triglycerides – Free glycerol.





CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa desenvolvida ao longo desta tese propôs a elaboração de uma formulação com alto teor de fibra alimentar, com o intuito de avaliar seus efeitos sobre a motilidade intestinal e parâmetros lipídicos em mulheres, além de investigar os impactos dessa fibra associada a uma dieta hipercalórica em ratos. Os resultados obtidos mostraram importantes contribuições para o entendimento dos benefícios e limitações do uso das fibras alimentares em diferentes contextos.

Foi observado um efeito positivo significativo da formulação sobre a motilidade intestinal das mulheres participantes, o que corrobora com a vasta literatura que reconhece o papel crucial das fibras na regulação do trânsito intestinal. Além disso, a redução dos níveis de colesterol total e LDL colesterol sugere que a ingestão das fibras presentes na formulação pode contribuir para a melhoria dos perfis lipídicos, um fator importante na prevenção de doenças cardiovasculares. No entanto, os resultados também revelaram um aumento nos níveis de triglicerídeos, indicando que, embora a fibra tenha benefícios para certos parâmetros lipídicos, os efeitos sobre o metabolismo lipídico são complexos e podem ser influenciados por diversos fatores ainda não completamente compreendidos.

Na segunda parte do estudo, a análise dos ratos que ingeriram a formulação associada a uma dieta hipercalórica não revelou um efeito preventivo sobre a adiposidade, sugerindo que, embora as fibras possam ter um papel benéfico no controle da motilidade intestinal e na melhoria de certos parâmetros lipídicos, sua capacidade de prevenir o ganho de peso em cenários de dieta hipercalórica pode ser limitada. Esse resultado reforça a necessidade de considerar múltiplos fatores dietéticos e metabólicos ao avaliar os efeitos das fibras na saúde, especialmente em contextos onde o consumo calórico é elevado.

A importância das fibras alimentares na saúde humana é amplamente reconhecida, e os achados desta pesquisa contribuem para o entendimento de seus efeitos potenciais, especialmente em relação à motilidade intestinal e ao perfil lipídico. No entanto, é evidente que mais estudos são necessários para aprofundar o conhecimento sobre os mecanismos pelos quais as fibras influenciam o metabolismo lipídico e o controle do peso corporal. Investigações futuras podem explorar diferentes fontes de fibras, suas combinações e os efeitos em populações mais amplas, incluindo aqueles com distúrbios metabólicos.

Além disso, esta pesquisa reitera a relevância da ciência de alimentos na busca por novas estratégias alimentares que possam promover a saúde de forma eficaz e personalizada.