Pesquisa Multidisciplinar EM SAÚDE

EDIÇÃO XXI

Capítulo 15

PLANTAS ALIMENTÍCIAS NÃO CONVENCIONAIS NA MODULAÇÃO DA MICROBIOTA INTESTINAL E VIAS IMUNOLÓGICAS

ELIZE MUSACHIO[1]
FERNANDA BARBISAN[2]
FERNANDA DOS SANTOS TROMBINI[3]
JACKELINE DE MIRANDA SCHMIDT[4]
GABRIELA ACUNHA RAZZERA[4]
ÉRICA DOS SANTOS[4]
ANA LAURA KERKHOFF ESCHER[5]
GIOVANA BOLSAN FORTES[5]
NATHÁLIA CARDOSO DE AFONSO BONOTTO[6]
DÉBORA LUÍSA FILIPETTO PULCINELLI[6]
MARIA EDUARDA CHELOTTI[6]
BRENO EDUARDO ROSA RAVANELLI[7]
ELIANA JARDIM FERNANDES[8]

[1]Discente e Pesquisadora- Programas de Pós-graduação em Enfermagem e Gerontologia- Universidade Federal de Santa Maria.
[2]Docente- Programas de Pós-graduação em Gerontologia e Farmacologia- Universidade Federal de Santa Maria.
[3]Discente- Programa de Pós-graduação em Enfermagem- Universidade Federal de Santa Maria.
[4]Discente- Farmácia- Universidade Federal de Santa Maria.
[5]Discente- Enfermagem na Universidade Federal de Santa Maria.
[6]Discente- Programa de Pós-graduação em Farmacologia- Universidade Federal de Santa Maria.
[7]Discente- Programa de Pós-graduação em Gerontologia- Universidade Federal de Santa Maria.
[8]Nutricionista- Secretaria de Saúde- Itaqui.

Palavras-chave: *Microbiota; PANCs; Imunidade*

DOI 10.59290/5642239300

EDITORA PASTEUR

INTRODUÇÃO

A microbiota intestinal é um ecossistema dinâmico de microrganismos que desempenha funções essenciais como síntese de vitaminas, metabolismo de ácidos biliares, biotransformação de xenobióticos e exclusão competitiva de patógenos. Além disso, fermenta carboidratos não digeríveis, produzindo ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), que auxiliam na regulação energética e na manutenção da integridade da barreira intestinal (DUAN *et al*., 2023). Alterações em sua composição, caracterizadas como disbiose, estão associadas a distúrbios metabólicos e inflamatórios, comprometendo a homeostase sistêmica (ARIFUZZAMAN *et al*., 2024).

A interação entre microbiota e sistema imune ocorre principalmente por meio desses metabólitos, que modulam a atividade celular via receptores acoplados à proteína G, reconhecimento de padrões microbianos e inibição de histona desacetilases (KIM, 2023). Esses mecanismos promovem tolerância imunológica e limitam respostas inflamatórias exacerbadas.

A dieta exerce papel central na modulação desse ecossistema. Componentes vegetais, como fibras não digeríveis e compostos fenólicos, atuam como substratos seletivos para microrganismos comensais, favorecendo a produção de metabólitos bioativos e a regulação imunometabólica. Nesse contexto, plantas alimentícias não convencionais (PANCs) destacam-se pela elevada densidade fitoquímica, fornecendo compostos que geram efeitos benéficos na homeostase da microbiota e/ou sistema imune (ZHANG *et al*., 2025; GIOVANNI *et al*., 2026). A seleção das espécies baseou-se na presença de fibras fermentáveis, perfil fitoquímico com potencial imunomodulador e evidências de interação com a microbiota intestinal. Foram incluídas PANCs com caracterização botânica e composição química descritas, como *Tropaeolum majus, Pereskia aculeata, Xanthosoma sagittifolium, Acmella oleracea, Talinum triangulare, Bidens bipinnata, Costus spiralis, Helianthus tuberosus, Sonchus oleraceus e Plantago major*.

Essa abordagem visa contribuir para a compreensão do papel dessas espécies como potenciais alimentos funcionais, ao sintetizar as evidências sobre a modulação da microbiota intestinal, abordando mecanismos bioativos, repercussões imunometabólicas e lacunas na literatura.

MÉTODO

Trata-se de uma revisão integrativa, de caráter descritivo e exploratório, direcionada à análise do potencial de PANCs como moduladoras da microbiota intestinal e suas implicações metabólicas e imunológicas. A questão norteadora foi estruturada com base no acrônimo PICO, em que: P (população) corresponde a estudos *in vitro*, *in vivo* ou em seres humanos que avaliem microbiota intestinal; I (intervenção) refere-se ao consumo ou administração de PANCs ou seus extratos; C (comparação) inclui grupos controle, placebo ou ausência de intervenção; e O (desfecho) contempla alterações na composição ou funcionalidade da microbiota intestinal e marcadores metabólicos ou imunológicos associados. Assim, buscou-se responder à seguinte pergunta: Quais são as evidências disponíveis na literatura sobre o efeito de PANCs na modulação da microbiota intestinal e vias imunológicas?

Inicialmente, realizou-se uma busca exploratória com o objetivo de identificar PANCs com maior volume ou consistência de publicações relacionadas à microbiota intestinal. Fo-

ram elencadas as seguintes plantas: *Tropaeolum majus*, *Pereskia aculeata*, *Xanthosoma sagittifolium*, *Acmella oleracea*, *Talinum triangulare*, Bidens bipinnata, *Costus spiralis*, *Helianthus tuberosus*, *Sonchus oleraceus*, *Plantago major*. Realizou-se a busca sistematizada nas bases de dados PubMed, Scopus e Google Acadêmico. Foram utilizados como descritores o nome científico de cada espécie combinado aos termos "*gut microbiota", "intestinal microbiota", "microbiome", "short-chain fatty acids"* e "*immune response*" utilizando operadores booleanos *AND* e *OR*. Foram incluídos estudos que investigassem a interação entre a PANC e a microbiota intestinal, bem como suas repercussões metabólicas ou imunológicas, independentemente do delineamento metodológico. Não foram estabelecidos limites quanto ao ano de publicação, a fim de ampliar a abrangência das evidências.

O processo de seleção seguiu etapas sequenciais: leitura de títulos e resumos para triagem inicial, seguida de leitura completa dos artigos potencialmente elegíveis e aplicação dos critérios de inclusão e exclusão. As informações coletadas incluíram: identificação do estudo (título, autores, ano), modelo experimental, forma de utilização da PANC (*in natura,* extrato, fração isolada), compostos bioativos descritos e desfechos metabólicos ou imunológicos observados. A triagem e a extração foram realizadas por dois revisores independentes, com resolução de divergências por consenso.

Por fim, os dados foram organizados e sintetizados por meio de análise descritiva, com ênfase nos mecanismos propostos de modulação da microbiota e/ou vias imunometabólicas. Adicionalmente, foram identificadas lacunas no conhecimento, especialmente quanto à ausência de ensaios clínicos e à necessidade de elucidação mecanística mais aprofundada para determinadas espécies.

Por caracterizar-se como uma revisão integrativa baseada exclusivamente em dados secundários previamente publicados na literatura científica, não foi necessária a submissão do estudo a Comitê de Ética em Pesquisa, em conformidade com as normativas vigentes. Destaca-se que as informações obtidas dos artigos incluídos foram analisadas e apresentadas com fidelidade metodológica, assegurando o respeito às fontes originais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tropaeolum majus

Planta nativa das regiões montanhosas do México e da Cordilheira dos Andes, popularmente conhecida como capuchinha de jardim, agrião-andino, flor-de-chagas e flor-de-sangue pertence à ordem Brassicales e família Tropaeolaceae. No Brasil, ela é encontrada em regiões de clima ameno, como na região Sul e Sudeste. É uma erva rastejante, com caule que mede cerca de 30 centímetros de altura e possui folhas verdes claras, além de flores solitárias de cálice amarelado e corola dialipétala de coloração laranja.

É amplamente utilizada na culinária local, tendo como característico o sabor picante (AGUILERA-ANGEL *et al*., 2025). O uso medicinal é atribuído ao seu potencial antimicrobiano, antifúngico e antiviral, aplicado em tratamento de infecções do trato urinário e do sistema respiratório superior (PFÄFFLE *et al*., 2024). Tais efeitos podem ser explicados pela presença de múltiplas moléculas importantes, como compostos fenólicos, glucosinolatos e os isotiocianatos (ICTs) (AGUILERA-ANGEL *et al*., 2025). Esses últimos são produtos fortemente reativos que estão sendo investigados

quanto às suas possibilidades terapêuticas, como exemplo, o produto da degradação da glucotropaeolina, o isotiocianato de benzil (BITC), que pode ser o responsável pela atividade antibacteriana de *Tropaeolum*. *majus* (PFÄFFLE *et al*., 2024).

Pereskia aculeata

A planta *Pereskia aculeata* Mill., conhecida popularmente como ora-pro-nobis, pertence à família Cactaceae e pode ser definida como uma planta perene e arbustiva do tipo trepadeira lenhosa, que apresenta flores amarelo-creme durante a primavera/verão e frutos amarelos comestíveis. Ela é nativa de países da América Latina, onde é tradicionalmente utilizada como alimento por pequenas comunidades locais, e no Brasil é uma PANC muito popular, mas ainda subutilizada. Suas folhas possuem alto valor nutricional, sendo ricas em fibras, proteínas, minerais e vitaminas, além de compostos fenólicos, flavonóides e carotenoides, com potencial antioxidante (NOGUEIRA *et al*., 2023).

As fibras solúveis e insolúveis da ora-pro-nóbis são fermentadas pela microbiota intestinal, favorecendo seu crescimento e contribuindo para um ambiente intestinal equilibrado. Esse processo estimula a adesão de microrganismos benéficos à mucosa, promovendo exclusão competitiva de patógenos e efeitos positivos à saúde do hospedeiro. No entanto, na literatura foram encontrados dois estudos que juntos, sugerem que um produto feito à base de ora-pro-nóbis com predomínio de fibras insolúveis pode ter um efeito mais eficaz na manutenção da microbiota intestinal, e com fibras solúveis, além de modular a microbiota pode exercer efeitos metabólicos a nível sistêmico, como alteração no perfil lipídico (VIEIRA *et al*., 2019; VIEIRA *et al*., 2020).

Além disso, os metabólitos secundários encontrados na planta podem ser metabolizados pela microbiota intestinal, gerando derivados bioativos com alçai imunometabólicas, o que pode ampliar a ação funcional da planta. Com base na literatura, o ora-pro-nóbis pode ser utilizada como ingrediente funcional, porém, são necessárias mais pesquisas para obter evidências científicas adicionais, como ensaios com análise direta da composição e funcionalidade microbiana, e estudos que elucidem a produção de AGCC, a sinalização imunológica e os desfechos metabólicos associados. Dessa forma, será possível consolidar o papel benéfico da ora-pro-nóbis na microbiota intestinal.

Xanthosoma sagittifolium

A *Xanthosoma sagittifolium*, mais conhecida como taioba ou inhame, é uma planta tuberosa da família *Araceae*, originária da América do Sul. É cultivada como alimento básico em várias regiões do mundo, no entanto, no Brasil, seu consumo ainda é pouco difundido. Seu caule subterrâneo constitui uma importante fonte de energia e nutrientes na dieta de algumas populações após cozidas, sendo ricas principalmente em amido. As suas folhas, que na maioria das vezes não são utilizadas, são ricas em fibras solúveis e insolúveis. Além disso, a taioba apresenta altos níveis de proteínas, cinzas, cálcio, ferro e vitamina C (MONTEIRO, 2011).

Em um estudo *in vivo* realizado por Graf e colaboradores (2019), foi evidenciado que o consumo dos tubérculos da taioba promoveu uma maior diversidade bacteriana intestinal em camundongos com disbiose intestinal, possivelmente devido a menor razão amilose/amilopectina e menor digestibilidade encontrada no amido. Essa diversidade da microbiota melhora a saúde intestinal, e pode impactar positivamente na imunomodulação e no combate à invasão de patógenos.

Além dos tubérculos, as folhas de taioba também são substratos energéticos para a fermentação do microbioma intestinal, devido ao alto teor de fibras totais, que abrange principalmente as fibras insolúveis. Além disso, são capazes de aumentar a produção de AGCCs, principalmente do ácido butírico (MONTEIRO, 2011). Os AGCCs, no geral, são metabólitos com papel bioativo que exercem efeitos fisiológicos benéficos no organismo, tanto locais quanto sistêmicos, e o ácido butírico em específico pode agir mantendo a integridade da barreira intestinal, atenuando a inflamação e o estresse oxidativo na mucosa. Mesmo com poucos estudos, é possível notar um grande potencial prebiótico na taioba, mas mais pesquisas são necessárias para melhor elucidar a ação dessa PANC na microbiota intestinal e vias imunológicas.

Acmella oleracea

A *Acmella oleracea* (L.), conhecida popularmente como jambu, é uma herbácea de porte baixo, com 20 a 30 cm de altura. O cultivo do jambu é difundido na região Norte do Brasil, especialmente no estado do Pará, aplicado a culinária típicas como o tacacá e o tucupi. Seu principal metabólito bioativo é o espilantol, mas possui compostos fenólicos, flavonoides e polissacarídeos estruturais que lhe conferem propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e imunomoduladoras.

Polissacarídeos isolados do jambu, especialmente a ramnogalacturonana, apresentam efeito prebiótico, pois são fermentados por microrganismos intestinais, favorecendo a integridade da barreira epitelial e modulando a resposta inflamatória local. Estudos *in vitro* demonstraram que essa fibra melhora a resistência transepitelial e reduz danos induzidos por mediadores inflamatórios. Em modelos *in vivo* de colite experimental, observou-se redução do estresse oxidativo e da inflamação intestinal, sugerindo impacto indireto sobre a composição e funcionalidade da microbiota. Paralelamente, o espilantol demonstrou efeito protetor em modelo murino de mucosite induzida por quimioterapia, preservando a morfologia da mucosa intestinal, fator intimamente relacionado à manutenção do equilíbrio microbiano (DE FREITAS-BLANCO *et al*., 2019; FERREIRA *et al*., 2021).

Considerando a diversidade de metabólitos secundários presentes na planta, é plausível que a interação entre esses compostos e os microrganismos intestinais gere metabólitos derivados com repercussões imunometabólicas sistêmicas, possivelmente mediadas pela produção de AGCCs e modulação de vias imunológicas. Apesar das evidências promissoras, estudos que associem diretamente a composição fitoquímica à diversidade da microbiota intestinal são necessários para consolidar o papel funcional do jambu (DUANGJAI *et al*., 2021).

Talinum triangulare

A *Talinum triangulare*, conhecida como cariru ou caruru-de-folha, é uma PANC amplamente consumida nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Trata-se de uma planta herbácea perene, aclimatada ao calor e solos úmidos medindo de 40 a 60 cm de altura, com flores róseas ou brancas (SOUZA *et al*., 2024).

O consumo das folhas *in natura* fornece substratos fermentáveis, principalmente mucilagens e pectinas, que exercem efeito prebiótico após metabolização pela microbiota colônica, promovendo aumento na produção de AGCC, como butirato, acetato e propionato (SODJINOU *et al*., 2024). Esses metabólitos contribuem para a homeostase metabólica, melhoram a função dos colonócitos e a sensibilidade à insulina, além de exercerem efeitos imunomoduladores, associados à ativação de receptores

acoplados à proteína G, ao aumento de células T regulatórias e ao fortalecimento das junções epiteliais, reduzindo a permeabilidade intestinal e a inflamação (OLADELE *et al*., 2023).

Em contrapartida, o consumo na forma de extratos hidroalcoólicos resulta em maior concentração de compostos fenólicos bioativos, com menor participação da fração fibrosa. Nessa forma de uso, os efeitos sobre a microbiota e a resposta imune são atribuídos predominantemente aos polifenóis, que sofrem biotransformação na microbiota gerando metabólitos fenólicos de baixo peso molecular, que modulam seletivamente a composição microbiana, inibindo patobiontes, como *E. coli* e Pseudomonas spp. (OLADELE *et al*., 2023).

Assim, a literatura indica potencial modulador da microbiota intestinal por fibras fermentáveis e polifenóis bioativos, embora estudos adicionais e ensaios clínicos sejam necessários para confirmar a sua eficácia terapêutica.

Bidens bipinnata

A *Bidens bipinnata*, popularmente conhecida como picão-preto ou carrapicho-de-agulha, é uma espécie da família Asteraceae, presente nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do Brasil. Destaca-se pela presença de flavonóides, ácidos fenólicos e carotenoides. Entre os compostos já descritos estão apigenina, ácido siríngico e luteína, além de frações ricas em flavonoides totais associadas a propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias.

Estudos experimentais com *Bidens bipinnata* demonstram que sua fração rica em flavonoides é a principal responsável pelas bioatividades descritas. O extrato enriquecido em flavonoides apresentou atividade antioxidante superior ao extrato bruto, indicando que os flavonoides totais e outros compostos fenólicos atuam na neutralização de espécies reativas de oxigênio.

Além disso, em modelo *in vitro* com células endoteliais humanas (HUVEC), os flavonoides totais reduziram a liberação de IL-8, TNF-α e óxido nítrico por meio da inibição da via NF-κB, evidenciando efeito anti-inflamatório. Considerando que a ativação de NF-κB também pode ser estimulada por componentes microbianos, esses achados sugerem que o consumo da planta, na forma alimentar, infusão ou extrato, pode contribuir para a modulação de respostas inflamatórias associadas ao eixo intestino-imunidade. Assim, seus potenciais efeitos metabólicos e imunológicos estão principalmente relacionados à fração flavonoídica e aos compostos fenólicos bioativos presentes na espécie (BO, 2012; YANG, 2020).

Costus spiralis

A *Costus spiralis*, popularmente conhecida como cana-do-brejo ou cana-de-macaco, é uma espécie nativa do Brasil, majoritariamente propagada na região Amazônica. Pertence à família Zingiberaceae, a planta pode atingir entre 50 cm a 2 metros de altura, possui rizoma carnoso e ramificado, hastes eretas com folhas avermelhadas. Possui espigas, onde se desenvolvem flores e frutos.

Para fins medicinais, através de infusões ou decocções, é utilizada para tratar infecções urinárias, cálculos renais, retenção de líquidos, diabetes e inflamações. Além disso, estudos mostram que *Costus spiralis* possui compostos fitoquímicos, como flavonóides, quercetina, canferol, canferídeo e tamarixetina, além de esteroides, alcaloides e saponinas. Também foi encontrado inulina, taninos, mucilagens, sapogeninas, pectinas e oxalato de cálcio (DUARTE *et al*., 2017).

Estudos *in vitro* revelaram a atividade do extrato de *Costus spiralis* contra *Enterococcus faecalis*. A ação se estende *Pseudomonas aeruginosa, Shigella sonnei,* Salmonella sp. e *Vibrio*

cholerae e *Bacillus cereus*. A atividade é atribuída à presença de compostos fenólicos e flavonoides na planta, embora o mecanísmo exato dos princípios ativos ainda não esteja completamente elucidada (MARQUES *et al*., 2020). Também foi observada atividade inibitória contra as leveduras *Candida albicans* e *C. parapsilosis*, devido a presença de metabólitos secundários, incluindo cumarinas (ASCÊNCIO *et al*., 2014). Os polifenóis exercem ação antimicrobiana por meio da disrupção da membrana celular e de mecanismos intracelulares, ainda não totalmente elucidados. Compostos fenólicos como a quercetina exemplificam essa atuação, contribuindo para a inibição bacteriana e reforçando o potencial terapêutico da planta.

Helianthus tuberosus

A *Helianthus tuberosus*, conhecida popularmente como Alcachofra-Girassol, Alcachofra de Jerusalém e Tupinambó é uma espécie do gênero Helianthus, família Asteraceae. É encontrado no Brasil na região Sul e Sudeste. É uma planta perene, de rizoma, produz tubérculos no final de seu crescimento, medindo entre 2,5 a 4 metros de altura. Os tubérculos da planta contêm inulina, com ação prébiótica, além de compostos fenólicos (KIM *et al*., 2026).

Em humanos foi visualizada redução da glicemia e aumento no número de AGCCs no intestino após o consumo de extrato de *H. tuberosus* (KIM *et al*., 2020). *In vitro* as evidências são mais abrangentes: efeitos antioxidantes, anti-inflamatórios, antibacteriano e melhora no metabolismo da glicose (KIM *et al*., 2026).

Em um estudo em ratos Wistar, Samal *et al*. (2017), testou a suplementação do extrato de *H. tuberosus* na dieta padrão. Foi observada maior digestibilidade da dieta padrão e maior fermentação no intestino grosso pelo aumento de AGCC, *Lactobacillus spp. e Bifidobacterium spp.* nas concentrações testadas. Em modelo de tilápias jovens também foram encontradas mudanças favoráveis na morfologia e composição de bactérias/ACGC (BOONANUNTANASRN *et al*., 2017).

Sonchus oleraceus

Conhecida popularmente como serralha ou chicória-brava, *Sonchus oleraceus* é uma espécie pertencente à família Asteraceae, amplamente distribuída no Brasil, com maior ocorrência nas regiões Sul e Sudeste. É uma herbácea anual, de caule ereto, folhas lobadas e presença de látex, produzindo inflorescências amarelas características da família. Embora seja uma planta daninha, é classificada como PANC, devido ao seu elevado valor nutricional e terapêutico ainda pouco explorado.

Além do teor de fibras alimentares, relevantes para a saúde intestinal, *Sonchus oleraceus* destaca-se pela diversidade de metabólitos secundários, incluindo polifenóis e flavonoides com ação antioxidante, triterpenos e esteróis como ácido betulínico, lupeol e β-amirina com atividade anti-inflamatória, além de taninos, cumarinas, alcaloides e saponinas, associados a propriedades antimicrobianas, imunomoduladoras

Embora não existam estudos diretos avaliando a microbiota intestinal com *Sonchus oleraceus*, evidências com espécie do mesmo gênero, como *Sonchus brachyotus*, demonstram potencial modulador intestinal. Yang *et al*. (2023) investigaram extrato da planta em modelo de estresse oxidativo intestinal induzido em *zebrafish*, observando modulação significativa da microbiota, com aumento de Firmicutes e Actinobacteriota e redução de Proteobacteria, além de diminuição de marcadores inflamatórios e de estresse oxidativo. Os efeitos foram atribuídos principalmente aos compostos fenólicos e flavonoides, capazes de modular vias an-

tioxidantes e inflamatórias, influenciando indiretamente o ambiente microbiano intestinal. Considerando que *S. oleraceus* compartilha classes fitoquímicas semelhantes e é rica em fibras fermentáveis, seu consumo na dieta, na forma de hortaliça, chá ou extrato, pode favorecer a produção de AGCC e contribuir para a integridade da barreira intestinal e modulação imunometabólica. Entretanto, são necessários ensaios experimentais e clínicos específicos para confirmar esses efeitos na espécie.

Plantago major

A *Plantago major* L. pertence à família Plantaginaceae, um gênero botânico originário da Europa e Ásia, amplamente distribuído em muitos países. Encontrada frequentemente nos solos do Sul do Brasil, popularmente conhecida como, Tanchagem ou Tansagem. As sementes, folhas, flores até as raízes apresentam propriedades bioativas e são amplamente utilizadas na Medicina popular (DA SILVA NETO *et al*., 2023), seus efeitos protetores foram atribuídos aos seus compostos bioativos, como polissacarídeos, lipídios, derivados do ácido cafeico, flavonoides, glicosídeos, iridóides e terpenóides.

Estudos farmacológicos modernos mostram algumas das aplicações tradicionais da *Plantago major* L. na modulação da microbiota intestinal. Polissacarídeos do tipo pectina, extraíveis em água, das folhas de *Plantago major* L., bem como seus hidrolisados de menor peso molecular, favorecem o crescimento *in vitro* de cepas de Lactobacillus, que estimulam a microbiota intestinal, e inibe o crescimento de patógenos no trato gastrointestinal (LUKOVA *et al*., 2020; MOLLOV, DZHAMBAZOV, NAIMOV,2021). Assim como Wu *et al*. (2025) mostrou que polissacarídeos de Zhejiang psyllium (ZPP) derivado das sementes maduras e secas da *Plantago major* L., aumenta a abundância relativa de probióticos relacionados ao metabolismo do ácido úrico, como Limosilactobacillus reuteri e *Lactobacillus murinus,* regulando o desequilíbrio da flora intestinal em ratos com hiperuricemia.

Em seu trabalho, Jia *et al*. (2025), mostrou que o plantamajosídeo (PMS) principal composto bioativo presente na *Plantago major* L., que pertence à classe dos glicosídeos, confere alívio dos sintomas da colite ulcerativa em camundongos, mantém a integridade da barreira intestinal, regulando microbiota intestinal, e reduz a inflamação. Adicionalmente, o extrato de *Plantago major* L. tem a capacidade de reduzir simultaneamente a ativação de mastócitos, mantendo a integridade da barreira intestinal em modelo *in vitro* utilizando um sistema de cocultura de células intestinais Caco-2 no modelo de inflamação intestinal induzida por lipopolissacarídeo (LPS) (ZHANG & PARK, 2025). Nesse sentido, a *Plantago major* L. tem potencial para ser usada como regulador da microbiota intestinal **(Tabela 15.1)**.

CONCLUSÃO

O estudo permitiu consolidar as evidências científicas acerca do potencial das PANCs como agentes moduladores da microbiota intestinal e suas respectivas implicações imunometabólicas. Os dados analisados demonstram que as espécies das plantas aqui estudadas possuem uma densa matriz de compostos bioativos, incluindo polifenóis, polissacarídeos e fibras fermentáveis, que atuam de forma seletiva no ecossistema intestinal.

Observou-se que a interação entre esses metabólitos secundários e a microbiota favorece a proliferação de gêneros bacterianos benéficos e a produção de AGCC, os quais desempenham um papel crucial na manutenção da integridade da barreira epitelial e na regulação de vias inflamatórias. Tais mecanismos posicionam as

PANCs não apenas como fontes nutricionais alternativas, mas como potenciais alimentos funcionais estratégicos para a promoção da homeostase metabólica e o fortalecimento do sistema imune.

Adicionalmente, foram identificadas lacunas no conhecimento, especialmente quanto à ausência de ensaios clínicos e à necessidade de elucidação mecanística mais aprofundada para determinadas espécies. A predominância de estudos *in vitro* e em modelos animais ressalta a urgência de investigações translacionais que validem a eficácia e a segurança do consumo dessas plantas em humanos. Portanto, o fomento a novas pesquisas é fundamental para consolidar o uso das PANCs na prática clínica nutricional, ampliando as estratégias de prevenção e manejo de desordens metabólicas e inflamatórias por meio da modulação do eixo intestino-microbiota.

Tabela 15.1 Tabela do número de pacientes

	Autor e ano	Modelo experimental e forma de utilização	Substância atribuída ao efeito	Qual efeito encontrado
A 14-Day Double-Blind, Randomized, Controlled Crossover Intervention Study with Anti-Bacterial Benzyl Isothiocyanate from Nasturtium (Tropaeolum majus) on Human Gut Microbiome and Host Defense	PFÄFFLE *et al*., 2024	Estudo com humanos. Todos do sexo feminino entre 20 e 54 anos, saudáveis e não fumantes.	Isotiocianato de benzil	Sem alteração relevante no microbioma intestinal, mas significativos em exames de urina.
Nasturtium (Indian cress, Tropaeolum majus nanum) dually blocks the COX and LOX pathway in primary human immune cells	TRAN *et. al.,* 2016.	Estudo *in vitro* (cultivo celular)	Extrato aquoso de *T. majus*	Supressão de TNF-alfa, aumento de prostaglandinas. Sem alteração na COX-1 e COX-2 inibida.
Chemical profiling, antioxidant, and antibacterial properties of Tropaeolum majus L. extract as a functional food ingredient	AGUILERA-ANGEL *et al.,* 2025.	Estudo *in vitro* (cultivo celular e atividade antibacteriana)	Extrato etanólico das folhas de T. majus	Presença de compostos fenólicos, flavonoides e benzil isotiocianato, associado à ação antibacteriana principalmente gram-positivas
Effect of Pereskia aculeata Mill. in vitro and in overweight humans: A randomized controlled trial	VIEIRA *et al.,* 2019.	Farinha e extrato metanólicos das folhas; *in vitro* e ensaio clínico com homens em sobre-peso	Fibras insolúveis	Aumento da adesão probiótica de *L. casei* em células intestinais.
A beverage containing ora-pro-nobis flour improves intestinal health, weight, and body composition: A double-blind randomized prospective study.	VIEIRA *et al*., 2020.	Farinha; ensaio clínico randomizado com mulheres	Fibras solúveis	Diminuição da gordura corporal aumento da saciedade; sem alteração no número e espécies de bactérias intestinais.
Caracterização química e estudo das propriedades funcionais biológicas *in vivo* da folha de taioba *(Xanthosoma sagittifolium)*	MONTEIRO, 2011	Folhas liofilizadas; *in vivo*;	Fibras insolúveis	Aumentou a atividade fermentativa da microbiota e concentração de AGCC totais.

Physicochemical differences between malanga (Xanthosoma sagittifolium) and potato (Solanum tuberosum) tubers are associated with differential effects on the gut microbiome	GRAF *et al.,* 2019.	Tubérculos liofilizados; *in vivo*.	Amido	Melhorou a diversidade geral da microbiota intestinal
Spilanthol, the Principal Alkylamide from Acmella oleracea, Attenuates 5-Fluorouracil-Induced Intestinal Mucositis in Mice	DE FREITAS-BLANCO *et al.,* 2019.	Estudo *in vivo* em camundongos com mucosite intestinal.	Espilantol (N-isobutylalkylamide)	Redução da mucosite intestinal, seguida do aumento da altura dos vilos e redução de inflamação intestinal.
Rhamnogalacturonan polysaccharide inhibits inflammation and oxidative stress and alleviates visceral pain	FERREIRA *et al.,* 2021.	Estudo *in vivo* em modelo de colite ulcerativa (DSS) em camundongos e *in vitro* em células Caco-2. Polissacarídeo isolado.	Ramnogalacturonana (polissacarídeo)	Melhora da barreira intestinal, redução de inflamação e estresse oxidativo e analgesia visceral, com proteção da mucosa colônica
Spasmolytic effect of Acmella oleracea flowers extract on isolated rat ileum	DUANGJAI *et al*., 2021.	Estudo *in vitro* em tecido de íleo de rato. Extrato de flores de *A. oleracea.*	Espilantol.	Ação espasmolítica no músculo liso intestinal, melhorando distúrbios motores intestinais.
Fermentability of soluble fibers from Talinum triangulare by human gut microbiota in vitro	SODJINOU *et al.,* 2024.	Fibras solúveis isoladas das folhas. Estudo *in vitro* por fermentação anaeróbia utilizando inóculo fecal humano	Pectinas e mucilagens	A fermentação das fibras solúveis aumentou a produção de AGCC, indicando efeito prebiótico sobre a microbiota.
Anti-inflammatory effect of polyphenol-rich extract of Talinum triangulare in LPS-stimulated macrophages	OLADELE *et al.,* 2023.	Extrato hidroalcóolico em modelo *in vitro* com células RAW 264.7 (macrófagos).	Polifenóis totais	Efeito anti-inflamatório frente a estímulo bacteriano, impacto indireto na homeostase intestinal.
Enrichment of flavonoid-rich extract from Bidens bipinnata L. by macroporous resin using response surface methodology, UHPLC-Q-TOF MS/MS-assisted	BO *et al.,* 2012.	*In vitro,* Extrato enriquecido em	Flavonoides totais (fração enriquecida) e compostos fenólicos identificados por espectrometria de massas	Atividade antioxidante superior ao extrato bruto e melhora a bioatividade após enriquecimento flavonoídico.

characterization and comprehensive evaluation of its bioactivities by analytical hierarchy process.		flavonoides de *Bidens bipinnata*		
In vitro analysis of the antibacterial action of the extract of Costus spiralis (Costaceae) on Enterococcus faecalis.	MARQUES *et al.,* 2020.	Extrato de folhas; estudo *in vitro* em cepas de bactérias *E. faecalis.*	Compostos fenólicos e flavonoides	Inibição bacteriana
Avaliação química e atividades antimicrobianas e antioxidantes de extratos de fungos endófitos isolados de *Costus spiralis (Jacq.) Roscoe (Costaceae)*	ASCÊNCIO *et al.*, 2014.	Extrato de fungos da folha; *in vitro* em leveduras de *Candida albicans* e *C. parapsilosis*.	Compostos fenólicos	Ação antimicrobiana
Effects of dietary supplementation with Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus L.) tubers on growth performance, nutrient digestibility, activity and composition of large intestinal microbiota in rats	SAMAL, CHATURVEDI & PATTANAIK, 2017.	Modelo *In vivo* (Ratos Wistar). Suplementação com *Helianthus tuberosus* na dieta basal.	Inulina	Maior digestibilidade; Aumento de bactérias intestinais benéficas; maior fermentação no intestino grosso.
Ingestion of Helianthus tuberosus at Breakfast Rather Than at Dinner is More Effective for Suppressing Glucose Levels and Improving the Intestinal Microbiota in Older Adults	KIM *et al*., 2020.	Humanos adultos, acima de 65 anos de idade. Pó de *Helianthus tuberosus*.	Inulina.	Redução de glicemia matinal e aumento de ácidos graxos de cadeia curta.
Effects of dietary inulin and Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus) on intestinal microbiota community and morphology of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) fingerlings	BOONANUNTANASARN *et al.,* 2017.	*In vivo* em peixes (tilápias jovens). Suplementação dietética com inulina e com extrato em pó de *Helianthus tuberosus*.	Inulina.	Alterações na microbiota intestinal e mudanças morfológicas estatisticamente positivas, com efeito prebiótico positivo.
The interaction between oxidative stress biomarkers and gut microbiota in the antioxidant effects of extracts from Sonchus oleraceus hierarchy process.	YANG *et al*., 2023.	Extrato das folhas; estudo *in vivo* com zebrafish com estresse oxidativo intestinal induzido	Compostos fenólicos e flavonoides	Aumenta Firmicutes e Actinobacteriota, reduzindo estresse oxidativo e inflamação intestinal.
Prebiotic Activity of Poly- and Oligosaccharides Obtained from Plantago major L. Leaves	LUKOVA *et al.,* 2020.	*In vitro* utilizando quatro cepas de *Lactobacillus* expostas ao extrato de folhas frescas de *Plantago. major*	Polissacarídeos do tipo pectina extraíveis em água das folhas de *Plantago major L.*	Favorece o crescimento *Lactobacillus*, que inibem o crescimento de patógenos intestinais.

Effect of Polysaccharides Obtained from Plantago major L. leaves on Lactobacillus bulgaricus L14 in an In vitro Model System of the Gastrointestinal Tract	MOLLOV, DZHAM-BAZOV, NAIMOV, 2021.	Sistema gastrointestinal *in vitro* com cepa de *Lactobacillus bulgaricus* na presença de polissacarídeos das folhas de *Plantago major*.	Polissacarídeos (pectina)	Crescimento da cepa probiótica *Lactobacillus bulgaricus* L14 em um sistema gastrointestinal *in vitro*
Metabolomics combined with metagenomics analysis reveals the potential mechanism of Zhejiang psyllium polysaccharides against hyperuricemia in rats	WU *et al.,* 2025.	*In vivo,* ratos machos Sprague Dawley, expostos a polissacarídeos de Zhejiang psyllium derivado das sementes de *Plantago major L.*	Polissacarídeos do Zhejiang psyllium	Aumenta *Limosilactobacillus* e *Lactobacillus,* relacionados ao metabolismo do ácido úrico, regulando a hiperuricemica.
Plantamajoside alleviates DSS-induced ulcerative colitis by modulating gut microbi-ota, upregulating CBS, and inhibiting NF-κB	JIA *et al*., 2025.	Modelo de colite ulcerativa em camundongos, tratados com PMS extraído do *Plantago major.*	Plantamajosídeo (PMS)	Aumentou *Bacteroidota*. *Eubacterium_xylanophilum* e reduziu bactérias patogênicas, aliviando a colite ulcerativa.
Network Pharmacology-Guided Discovery of Traditional Chinese Medicine Extracts for Alzheimer's Disease: Targeting Neuroinflammation and Gut–Brain Axis Dysfunction	ZHANG & PARK 2025.	Modelo *in vitro*, sistema de cocultura de células intestinais Caco-2 expostas ao extrato de *Plantago major L*. em modelo de inflamação intestinal.	Extrato de *Plantago major L* (flavonoide baicalina e o fitoesterol estigmasterol	Mostrou reduzir simultaneamente a ativação de mastócitos, mantendo a integridade da barreira intestinal

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILERA-ANGEL, E. Y.; BALLESTEROS-VIVAS, D.; VERA-BRAVO, R. *et al*. Chemical Profiling, Antioxidant, and Antibacterial Properties of Tropaeolum majus L. Extract as a Functional Food Ingredient. Frontiers in Nutrition, v. 12, p. 1626562, 2025. DOI: 10.3389/fnut.2025.1626562.

ASCÊNCIO, P. G. M. *et al*. Avaliação Química e Atividades Antimicrobianas e Antioxidantes de Extratos de Fungos Endófitos Isolados de Costus spiralis (Jacq) Roscoe (Costaceae). Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, v. 2014, p. 1-10, 2014. DOI: 10.1155/2014/190543.

BOONANUNTANASARN, S. *et al*. Effects of Dietary Inulin and Jerusalem Artichoke (Helianthus tuberosus) on Intestinal Microbiota Community and Morphology of Nile Tilapia (Oreochromis niloticus) Fingerlings. Aquaculture Nutrition, v. 24, p. 712-722, 2018 DOI:10.1111/anu.12600.

DIMOV, I. *et al*. Effect of Polysaccharides Obtained from Plantago major L. Leaves on Lactobacillus bulgaricus L14 in an In Vitro Model System of the Gastrointestinal Tract. Biotechnology & Biotechnological Equipment, v. 37, p. 260-272. DOI:10.1080/13102818.2023.2178825.

DUANGJAI, A. *et al*. Spasmolytic Effect of Acmella oleracea Flower Extract on Isolated Rat Ileum. Journal of Herbal Medicine & Pharmacology, v. 10, p. 355-362, 2021. DOI: 10.34172/jhp.2021.11.

DUARTE, R. C.; ANDRADE, L. A. & OLIVEIRA, T. Revisão da Planta Costus spiralis (Jacq.) Roscoe: Pluralidade em Propriedades Medicinais. Revista Fitos, v. 11, p. 119-249, 2017. DOI: 10.5935/2446-4775.20170029.

FREITAS-BLANCO, V. S. *et al*. Spilanthol, the Principal Alkylamide from Acmella oleracea, Attenuates 5-Fluorouracil-Induced Intestinal Mucositis in Mice. Planta Medica, v. 85, p. 203-209, 2019. DOI: 10.1055/a-0715-2002.

GRAF, B. L. *et al*. Physicochemical Differences Between Malanga (Xanthosoma sagittifolium) and Potato (Solanum tuberosum) Tubers Are Associated with Differential Effects on the Gut Microbiome. Journal of Functional Foods, v. 45, p. 268-276, 2018. DOI: 10.1016/j.jff.2018.04.032.

JIA, Y. *et al*. Plantamajoside Alleviates DSS-Induced Ulcerative Colitis by Modulating Gut Microbiota, Upregulating CBS, and Inhibiting NF-κB. Phytomedicine, v. 143, p. 1-13, 2025. DOI: 10.1016/j.phymed.2025.156827.

KIM, D. *et al*. Phytochemical Composition and Mechanistic Pharmacology of Jerusalem Artichoke (Helianthus tuberosus L.): Implications for Functional and Therapeutic Applications. Current Issues in Molecular Biology, v. 48, p. 180, 2026. DOI: 10.3390/cimb48020180.

KIM, H. *et al*. Ingestion of Helianthus tuberosus at Breakfast Rather than at Dinner Is More Effective for Suppressing Glucose Levels and Improving the Intestinal Microbiota in Older Adults. Nutrients, v. 12, p. 3035, 2020. DOI: 10.3390/nu12103035.

LUKOVA, P. *et al*. Prebiotic Activity of Poly- and Oligosaccharides Obtained from Plantago major L. Leaves. Applied Sciences, v. 10, 2020. DOI: 10.3390/app10051550.

MARIA-FERREIRA, D. *et al*. Rhamnogalacturonan Polysaccharide Inhibits Inflammation and Oxidative Stress and Alleviates Visceral Pain. Journal of Functional Foods, v. 82, p. 104483, 2021. DOI: 10.1016/j.jff.2021.104483.

MARQUES, E. F. *et al*. In Vitro Analysis of the Antibacterial Action of the Extract of Costus spiralis (Costaceae) on Enterococcus faecalis. International Journal of Advanced Engineering Research and Science, v. 7, p. 1-13, 2020. DOI: 10.29327/518883.1-8.

MONTEIRO, E. B. Caracterização Química e Estudo das Propriedades Funcionais Biológicas In Vivo da Folha de Taioba (Xanthosoma sagittifolium). 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

NETO, A. R. S. *et al*. Phytochemical Profile and Analgesic Activity of the Leaf Extract from Plantago major L. Revista Virtual de Química, v. 15, p. 412–422, 2023. DOI: 10.1016/S0378-8741(00)00212-9.

NOGUEIRA, S. N. F. *et al*. Pereskia aculeata Miller como uma Nova Fonte Alimentar: uma Revisão. Alimentos, v. 12, p. 1-12, 2023. DOI: 10.3390/foods12112092.

OLADELE, O. T. *et al*. Bioactive Composition and Protective Properties of Talinum triangulare in Dextran Sodium Sulphate-Induced Ulcerative Colitis in Rats. Pharmacological Research - Modern Chinese Medicine, v. 10, p. 1-15, 2024. DOI: 10.1016/j.prmcm.2023.100344.

PFÄFFLE, S. P. *et al*. A 14-Day Double-Blind, Randomized, Controlled Crossover Intervention Study with Anti-Bacterial Benzyl Isothiocyanate from Nasturtium (Tropaeolum majus) on Human Gut Microbiome and Host Defense. Nutrients, v. 16, p. 1-18, 2024. DOI: 10.3390/nu16030373.

SAMAL, L. *et al*. Effects of Dietary Supplementation with Jerusalem Artichoke (Helianthus tuberosus L.) Tubers on Growth Performance, Nutrient Digestibility, Activity and Composition of Large Intestinal Microbiota in Rats. Journal of Animal and Feed Sciences, v. 26, p. 50-58, 2017. DOI: 10.22358/jafs/68779/2017.

SILVA, D. F. *et al*. Costus spiralis (Jacq.) Roscoe: Leaf Fractions Have Potential to Reduce the Effects of Inflammatory Diseases. Journal of Ethnopharmacology, v. 268, p. 1-7, 2021. DOI: 10.1016/j.jep.2020.113676.

SODJINOU, B. D. *et al*. Prebiotic Effects of Talinum triangulare and Mangifera indica on Slow Growing Broiler Chickens. Heliyon, v. 10, p. 1-9, 2024. DOI:10.1016/j.heliyon.2024.e25557.

SOUZA, B. C. O. Q. *et al*. Agronomic Biofortification of Waterleaf (Talinum triangulare) with Zinc Applied via Root. Rodriguésia, v. 75, p. 1-14, 2024. DOI: 10.1590/2175-7860202475001.

TRAN, H. T. T. *et al*. Nasturtium (Tropaeolum majus nanum) Dually Blocks the COX and LOX Pathway in Primary Human Immune Cells. Phytomedicine, v. 23, p. 611-620, 2016. DOI: 10.1016/j.phymed.2016.02.009.

VIEIRA, C. R.; DA SILVA, B. P. & CARMO, M. A. V. Efeito de Pereskia aculeata Mill. In Vitro e em Humanos com Sobrepeso: um Ensaio Clínico Randomizado Controlado. Journal of Food Biochemistry, v. 43, p. 1-10, 2019. DOI: 10.1111/jfbc.12872.

VIEIRA, C. R. *et al*. A Beverage Containing Ora-Pro-Nobis Flour Improves Intestinal Health, Weight, and Body Composition: A Double-Blind Randomized Prospective Study. Nutrition, v. 78, p. 1-7, 2020. DOI: 10.1016/j.nut.2020.110876.

WU, D. *et al*. Metabolomics Combined with Metagenomics Analysis Reveals the Potential Mechanism of Zhejiang Psyllium Polysaccharides Against Hyperuricemia in Rats. Scientific Reports, v. 15, p. 1-13, 2025. DOI: 10.1038/s41598-025-09048-1.

YANG, J. *et al*. The Interaction Between Oxidative Stress Biomarkers and Gut Microbiota in the Antioxidant Effects of Extracts from Sonchus brachyotus DC. Antioxidants, v. 12, p. 1-15, 2023. DOI: 10.3390/antiox12030567.

YANG, X. *et al*. Enrichment of Flavonoid-Rich Extract from Bidens bipinnata L. by Macroporous Resin Using Response Surface Methodology, UHPLC-Q-TOF MS/MS-Assisted Characterization and Comprehensive Evaluation of Its Bioactivities by Analytical Hierarchy Process. Biomedical Chromatography, v. 34, n. 11, p. 2-23, 2020. DOI: 10.1002/bmc.4923.

ZHANG, T. & PARK, S. Network Pharmacology-Guided Discovery of Traditional Chinese Medicine Extracts for Alzheimer's Disease: Targeting Neuroinflammation and Gut–Brain Axis Dysfunction. International Journal of Molecular Sciences, v. 26, p. 1-14, 2025. DOI: 10.3390/ijms26178545.