

MÉTODOS PARA REDUÇÃO E INATIVAÇÃO DE FATORES ANTINUTRICIONAIS EM ALIMENTOS DE ORIGEM VEGETAL: UMA REVISÃO

METHODS FOR REDUCTION AND INACTIVATION OF ANTINUTRITIONAL FACTORS IN PLANT-BASED FOODS: A REVIEW

Fabiana de Oliveira PEREIRA¹  Ingrid Rodrigues MARTINS¹  Suezilde da Conceição Amaral RIBEIRO²  Júlio Cesar SUZUKI³  Maria Regina Sarkis Peixoto JOELE^{2*} 

¹DoutorandaS em Desenvolvimento Rural e Sistemas Agroalimentares. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA-Campus Castanhal), PA,Brasil.

²Doutoras em Engenharia de Alimentos.Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA-Campus Castanhal), PA,Brasil.

³Doutor em Geografia. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA-Campus Castanhal), PA,Brasil.

*Autor Correspondente: reginajoele@hotmail.com

RESUMO

O consumo de produtos de origem vegetal a base de plantas tem sido proposta como uma alternativa eficiente na prevenção de doenças crônicas. No entanto, diferentes plantas produzem fatores antinutricionais, que podem apresentar efeitos negativos e/ou positivos à saúde. Diante do exposto, o presente trabalho apresenta uma revisão integrativa, onde foram estabelecidas as seguintes perguntas norteadoras: “Os antinutrientes dos alimentos de origem vegetal são avaliados na escolha de uma dieta equilibrada e saudável?” “Qual a importância de analisar seus efeitos na saúde humana? São considerados vilões ou heróis?”. A revisão integrativa foi realizada por meio do levantamento de estudos nacionais e internacionais no Portal de Periódicos da Capes, totalizando 1094 artigos científicos. Na triagem, foram filtrados 343, dos quais 127 foram classificados para a apresentação do cenário atual e das perspectivas esperadas sobre a temática elencada. Alguns compostos com ação antinutricional, tem sido considerados danosos à saúde em virtude do seu potencial de reduzir a biodisponibilidade de nutrientes essenciais. Apesar das evidências, pesquisas relatam resultados antagônicos, pois alguns destes, tornaram-se conhecidos por seus efeitos benéficos, com potenciais terapêuticos em diversas doenças crônicas. À vista disso, o consumo de compostos com fatores antinutricionais é relativo com relação às vantagens e desvantagens à saúde, que em certos casos, podem ter desde a ação terapêutica até efeitos prejudiciais, em indivíduos susceptíveis a dietas restritivas à base de plantas. Dessa forma, faz-se necessário, adotar técnicas como imersão, cozimento, fermentação, aquecimento dielétrico, extrusão e irradiação γ , para reduzir ou inativar os compostos antinutricionais a níveis seguros na ingestão de vegetais para o consumidor.

Palavras-chave: vegetais; nutrientes; digestão; disponibilidade biológica; substâncias tóxicas.

ABSTRACT

The consumption of plant-based products has been proposed as an effective alternative for preventing chronic diseases. However, different plants contain antinutritional factors that can impact health in both positive and negative ways. This study presents an integrative review that seeks to address the following key questions: "Are antinutrients from plant foods taken into account when selecting a balanced and healthy diet?" and "What is the significance of analyzing their effects on human health? Are they considered detrimental or beneficial?". The integrative review involved an examination of national and international studies on the Capes' Portal de Periódicos, totaling 1,094 scientific articles. Following a screening process, 343 articles were selected, with 127 classified for presenting the current scenario and expected perspectives on the topic at hand. Certain compounds with antinutritional properties have been deemed harmful to health due to their potential to reduce the availability of essential nutrients. However, research findings have shown contradictory results, as some of these compounds have demonstrated beneficial effects and therapeutic potential in managing various chronic diseases. Considering this conflicting evidence, the consumption of compounds containing antinutritional factors is relative in terms of the advantages and disadvantages they offer to health, particularly for individuals following restrictive plant-based diets. In this way, it is necessary to adopt techniques such as immersion, cooking, fermentation, dielectric heating, extrusion, and gamma irradiation to reduce or inactivate antinutritional compounds to safe levels in the consumption of vegetables for the consumer.

Key words: vegetables; nutrients; digestion; biological availability; toxic substances.

Citar este artigo como:

Pereira, F.O., Martins, I.R., Ribeiro, S.C.A., Suzuki, J.C., Joelle, M.R.S.P. Métodos para redução e inativação de fatores antinutricionais em alimentos de origem vegetal: uma revisão. *Nutrivisa*.v.10:e11010.2023.Doi: <https://doi.org/10.17648/nutrivisa-2023v10e11010>

INTRODUÇÃO

As pesquisas relacionadas a qualidade nutricional dos alimentos têm sido fundamentais para as definições de políticas públicas, e, portanto, contribuem para a garantia da segurança alimentar. Atualmente, a busca do consumidor por alternativas alimentares à proteína animal tem impulsionado por várias pesquisas, tendo como foco as plantas com alto teor de nutrientes. Tais plantas desempenham papel essencial na dieta humana, em virtude do seu alto valor nutritivo, especialmente em territórios carentes (SHARMA; SARKAR, 2022).

Portanto, o consumo de produtos de origem vegetal a base de plantas tem sido proposto como uma alternativa eficiente na prevenção de doenças crônicas, notadamente aquelas elencadas ao aumento do estresse oxidativo (OLAYA et al., 2019). A ingestão de frutas, hortaliças, sementes, nozes, leguminosas e grãos integrais, tem demonstrado efeito positivo e benéfico à saúde, em especial ao peso corporal (TRAN et al., 2020), câncer (AUNE et al., 2017; TOUMPANAKIS et al., 2018), acidente vascular cerebral (HU et al., 2014), diabetes (LI et al., 2014), resposta inflamatória (EICHELMANN et al., 2016), hipertensão (LI et al., 2016), doença cardiovascular (TOH; KOH; KIM, 2020), doenças cardíacas (AUNE et al., 2017) e perfil lipídico (YOKOYAMA; LEVIN; BARNARD, 2017). Estes benefícios estão em grande parte relacionados aos vários compostos bioativos (metabólitos secundários) presentes nas plantas e nas fibras alimentares (KRIS-ETHERTON et al., 2002, KIM; JE, 2016).

No entanto, algumas plantas produzem fatores antinutricionais, ou sejam, possuem substâncias que produzem metabólitos responsáveis por efeitos danosos relacionados à absorção de nutrientes e micronutrientes, interferindo na biodisponibilidade de nutrientes essenciais (LÓPEZ-MORENO; GARCÉS-RIMÓN; MIGUEL, 2022).

Pesquisas demonstram que o equilíbrio entre os efeitos prejudiciais e benéficos desses compostos dependem de sua estrutura química, concentração, bem como sua interação com outras substâncias deletérias (MUZQUIZ; WOOD, 2007). Portanto, podem ser considerados como antinutrientes, com efeitos negativos e/ou positivos na saúde, respectivamente (CHAMP, 2002; CAMPOS-VEGA; LOARCA-PIÑA; OOMAH, 2010). Por isso, é fundamental conhecer os tipos de

compostos presentes nos alimentos e como estes afetam o corpo humano (MUZQUIZ, 2012).

A presença de compostos, como os bioativos, tem comprovado efeito positivo para a saúde (RAHATE; MADHUMITA; PRABHAKAR, 2021), e em concomitância com os nutrientes essenciais presentes em alimentos de origem vegetais, estão alguns metabólitos, que têm ação antinutricional, sendo os mais frequentes taninos, saponinas, inibidores de proteases e oxalatos (BENEVIDES et al., 2015). Pois, estes compostos combinam-se com os nutrientes e atuam na redução da biodisponibilidade destes (SAMTIYA; ALUKO; DHEWA, 2021) e em quantidades elevadas, os antinutrientes podem também ser tóxicos (GEMEDE; RATA, 2014).

Os indivíduos que buscam uma alimentação equilibrada e saudável geralmente procuram por alimentos ricos em nutrientes e compostos bioativos, com isso, observam as informações nutricionais dos alimentos para compor sua dieta. Porém, surge a seguinte questão... “os antinutrientes desses alimentos também são avaliados? Qual a importância de analisar seus efeitos na saúde humana? São vilões ou heróis?”

Diante do exposto, o presente trabalho apresenta uma revisão integrativa, dispondo os aspectos mais relevantes a serem considerados, a partir da análise da importância de estudos sobre os diferentes antinutrientes encontrados em alimentos de origem vegetal, incluindo seus efeitos positivos e negativos à saúde humana.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada uma revisão integrativa, sobre os fatores antinutricionais dos alimentos de origem vegetal, seus impactos positivos e/ou negativos na saúde humana, bem como os métodos aplicados para reduzir os fatores antinutricionais. Baseada nas seguintes etapas: (1) formulação da pergunta norteadora; (2) localização e seleção das pesquisas; (3) avaliação crítica dos artigos; (4) análise dos dados e (5) Desenvolvimento da redação. Estabeleceram-se as seguintes perguntas norteadoras: “Os antinutrientes dos alimentos de origem vegetal são avaliados na escolha de uma dieta equilibrada e saudável?” “Qual a importância de analisar seus efeitos na saúde humana? São considerados vilões ou heróis?”

A revisão abrangeu publicações de 1990 a 2022, por meio do levantamento de estudos nacionais e internacionais no Portal de Periódicos Capes: Science Direct (ELSEVIER), Scielo, Web of Science e Google Scholar, a pesquisa foi realizada de junho a agosto de 2022, conforme Figura 1, ao qual totalizaram a localização de 1094 artigos científicos.

Os descritores utilizados foram: antinutrientes em produtos à base de plantas, inibidores de proteases, ácido oxálico, taninos, nitritos, fitatos, saponinas, glucosinolatos, fitoestrógenos, compostos fenólicos e métodos utilizados para inativar antinutrientes em vegetais.

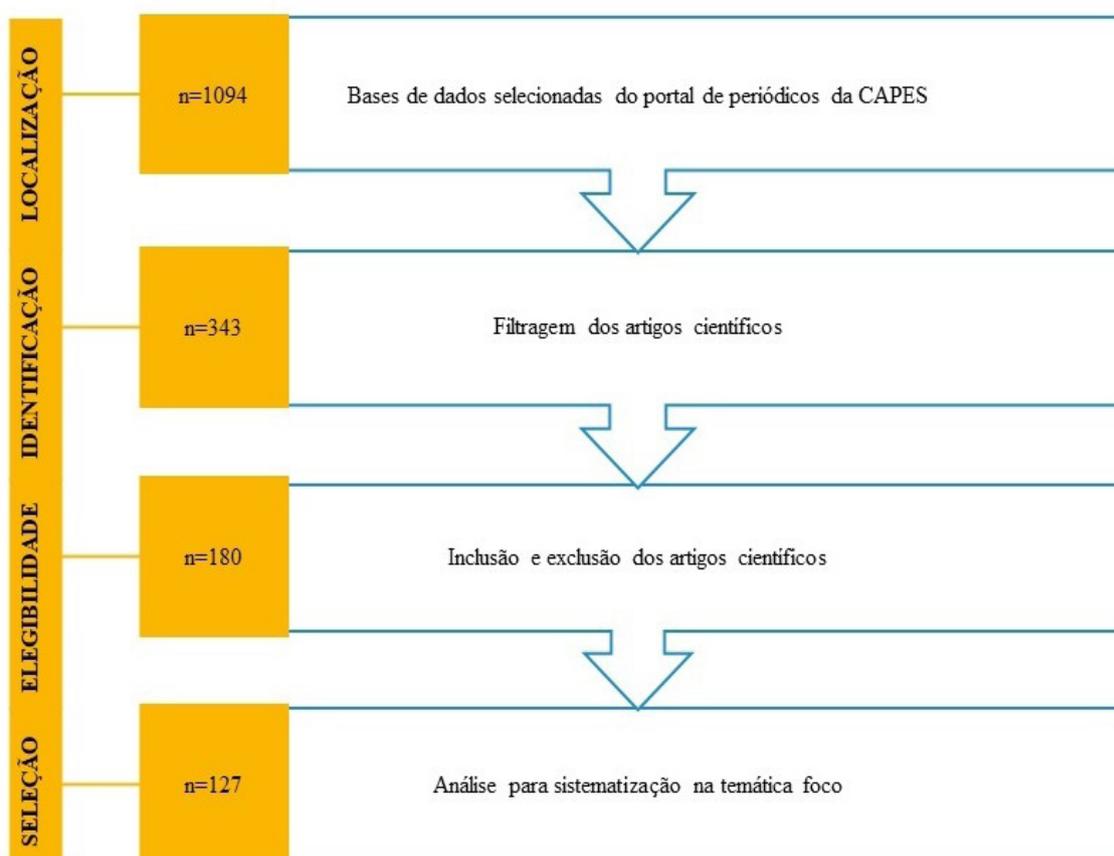
180 foram incluídos, e após compilado, para elaboração desta revisão, 127 artigos foram classificados para a apresentação do cenário atual e as perspectivas esperadas sobre o foco central do artigo de revisão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta uma síntese dos dados de interesse dos estudos, como: especificação do antinutriente, a fonte de alimento, implicações positivas e negativas, autor e ano de publicação, ao qual foi composta por meio de 31 pesquisas científicas.

Fatores antinutricionais em alimentos de origem vegetal

Figura 1 - Fluxograma geral da estratificação para a construção da revisão integrativa



Fonte: autores, 2023.

Na triagem, foram utilizados, como critérios de exclusão, publicações que apresentassem apenas resumos, assim como trabalhos de conclusão dos cursos de graduação, bem como publicações que não atendessem o período de publicação pré-estabelecido, sendo filtrados apenas 343 trabalhos científicos.

Os artigos foram analisados individualmente e, os mais pertinentes ao tema foram selecionados, e destes,

Diversos alimentos de origem vegetal, além de nutrientes essenciais para o organismo, podem conter fatores antinutricionais, como inibidores de proteases, ácido oxálico, taninos, nitritos, fitatos, saponinas entre outros, como ilustra a Figura 2. A absorção dos nutrientes é interferida por estes agentes, por isso, o termo antinutricional, pode levar o indivíduo a

Tabela 1. Antinutrientes com potencial efeito positivo e negativo para a saúde.

Antinutrientes	Fontes de alimento	Implicações positivas	Implicações negativas	Referências
Inibidores de protease	Ervilha, feijão, amendoim, arroz, soja, milho, batata e feijão guandu.	Nos vegetais, previnem que a semente, que contém seu embrião, seja consumida.	Podem evitar ou reduzir a atuação de enzimas que degradam proteínas animais e microbianas. São capazes de inibir as atividades da tripsina, quimotripsina e carboxipeptidase.	Santos (2013); Santos (2015); Munhoz et al. (2018); Jithender et al. (2019); Souza et al. (2019); Higashijima et al. (2020); Nath, Samtiya e Dhewa (2022)
Polifenóis (taninos)	Romã, morangos, cranberries, mirtilos, nozes cruas como avelãs, nozes e nozes, amêndoas, cravo, estragão, cominho, tomilho, baunilha e canela, a maioria das leguminosas, amendoim, chocolate, maçã, uva e sucos de frutas silvestres, sucos de frutas embalados.	Nos vegetais, funcionam para a defesa; nos humanos, têm efeito antidiarreico, homeostático e antibacteriano.	Podem reduzir a digestibilidade de proteínas, carboidratos e minerais; diminuir a atividade de enzimas digestivas, além de causar danos à mucosa do sistema digestivo ou exercer efeitos tóxicos sistêmicos.	Benevides et al. (2015); Souza et al. (2019); Nath, Samtiya e Dhewa (2022)
Oxalatos (ácido oxálico)	Espinafre, ruibarbo, beterraba e acelga; carambola, folha de beterraba, nozes, cacau, feijão, batata doce e tomate; broto de bambu; oleaginosas, chá preto, amendoim, soja, concentrados de farelo e cereais; amêndoas, avelãs e pistache; trigo-mourisco, azedinha, amaranto e quinoa.		Podem funcionar como substâncias tóxicas; influenciam na absorção de minerais como cálcio, magnésio, sódio, potássio, e desempenham papel-chave na hiperoxalúria, com formação de cálculos de oxalato de cálcio nos rins.	Hönow e Hesse (2002); Chai e Liebman (2005); Massey (2007); Slywitch (2012); Maradimi Filho (2014); Benevides et al. (2015); Santos (2015); Mahan e Raymond (2018); Higashijima et al. (2020); López-Moreno, Garcés-Rimón e Miguel (2022)

Tabela 1. Antinutrientes com potencial efeito positivo e negativo para a saúde (cont.)

Antinutrientes	Fontes de alimento	Implicações positivas	Implicações negativas	Referências
Fitato (ácido fítico)	Oleaginosas, cereais e leguminosas, tais como: feijão; lentilha e ervilha; proteína texturizada de soja, sementes, nozes e cereais integrais; quinoa, centeio e trigo; farelo integral de arroz; milho, farelo de aveia, arroz, sorgo, grão-de-bico, soja, sementes de gergelim, grão de amaranto, trigo sarraceno e amendoim.	Nos vegetais, funcionam para a defesa e para o armazenamento de nutrientes.	Formam complexos solúveis (quelatos) com cálcio, ferro, magnésio, zinco, cobre e potássio, que são resistentes à ação do trato intestinal, o que diminui a disponibilidade desses minerais e reduz a digestibilidade de proteínas e aminoácidos.	Konietzny (2006); Khattak et al. (2007); Veja-Gálvez et al. (2010); Kumar et al. (2010); Piyaratne et al. (2011); Slywitch (2012); Maradini Filho (2014); Mazur (2014); Benevides et al. (2015); Mahan e Raymond (2018); Souza et al. (2019); Higashijima et al. (2020); López-Moreno, Garcés-Rimón e Miguel (2022); Nath, Samtiya e Dhewa (2022)
Glucosinolatos	Soja e vegetais crucíferos, como repolho, nabo, couve e rutabaga.		Possuem ação antivitaminica, alteram ações hormonais, intervêm na função da glândula tireoide.	Jithender et al. (2019); Sahu, Tripathy e Rout (2020); López-Moreno, Garcés-Rimón e Miguel (2022)
Saponinas	Alfafa, soja, leucena, trevo, quilaia e yucca, aveia, quinoa, pimentas, berinjela, semente de tomate, aspargos, inhame, feno-grego, ginseng, beterraba, amendoim, espinafre, aspargo, brócolis, batata; e também em menores quantidades em animais marinhos como pepino do mar e estrela do mar.	Nos vegetais, fazem parte do sistema de defesa; nos humanos, possuem atividades anti-carcinogênicas, anti-inflamatórias e antioxidantes; podem ajudar a absorção de nutrientes; podem ser usadas na indústria alimentícia como flavorizante e agente espumante; adjuvantes em vacinas orais e injetáveis.	Podem alterar a absorção intestinal, podendo aumentar o risco de sensibilização por antígenos da dieta; efeito anti-esperma em espermatozoides humanos.	Almeida et al. (2014); Maradini Filho (2014); Jithender et al. (2019); Souza et al. (2019); Higashijima et al. (2020); Sahu, Tripathy e Rout (2020); Nath, Samtiya e Dhewa (2022)

Antinutrientes	Fontes de alimento	Implicações positivas	Implicações negativas	Referências
Nitrito	Quinoa e repolho; folhas de brócolis, couve e couve-flor; lichia; espinafre, alface, rabanete e beterraba; produtos cárneos, peixes e aves processados e defumados.		interfere no metabolismo da vitamina A e nas funções da glândula tireóide; tem elevado potencial carcinogênico, teratogênico e mutagênico; o consumo excessivo de nitrato pode causar cianose decorrente da formação de metamioglobina e neoplasia a partir da formação de compostos N-nitrosos	Santos (2006); Lopes et al. (2009); Maradini Filho (2014); Benevides et al. (2015); Queiroz et al. (2015); Santos (2015); Higashijima et al. (2020)
Fitoestrógenos	Cereais e oleaginosas: milho, soja, grão-de-bico, amendoim, feijão, lentilha.	Possuem propriedades antioxidantes, hipocolesterolêmicas e osteoprotetoras; promovem o alívio de alguns sintomas do climatério; auxiliam na redução da lipogênese e proporcionam o aumento da lipólise, contribuindo com o aumento proporcional da massa muscular; ajudam na redução dos riscos de desenvolvimento de doenças crônicas como diabetes, colesterol, hipertensão, câncer entre outros.	Podem agir como desreguladores endócrinos, corroborar nas alterações dos níveis hormonais e aumentar o risco de câncer em órgãos sensíveis ao estrógeno	Santos et al. (2018); Bezdekova et al. (2020); Chicetti (2020); Domínguez-López et al. (2020); Machado et al. (2021)
Compostos fenólicos	Casca e cotilédones de oleaginosas, como amendoim	Possuem atividades fungitóxicas, antibacterianas e antiviróticas, além de atuar como antioxidante auxiliando no funcionamento do sistema imune e no potencial antioxidante do plasma sanguíneo, levando a uma menor incidência de doenças crônicas e degenerativas.	Contribui com a atividade enzimática, favorecendo a absorção de nutrientes e inibe a presença das nitrosaminas	Ferreira e Barros (2019); Jithender et al. (2019); Souza et al. (2019)

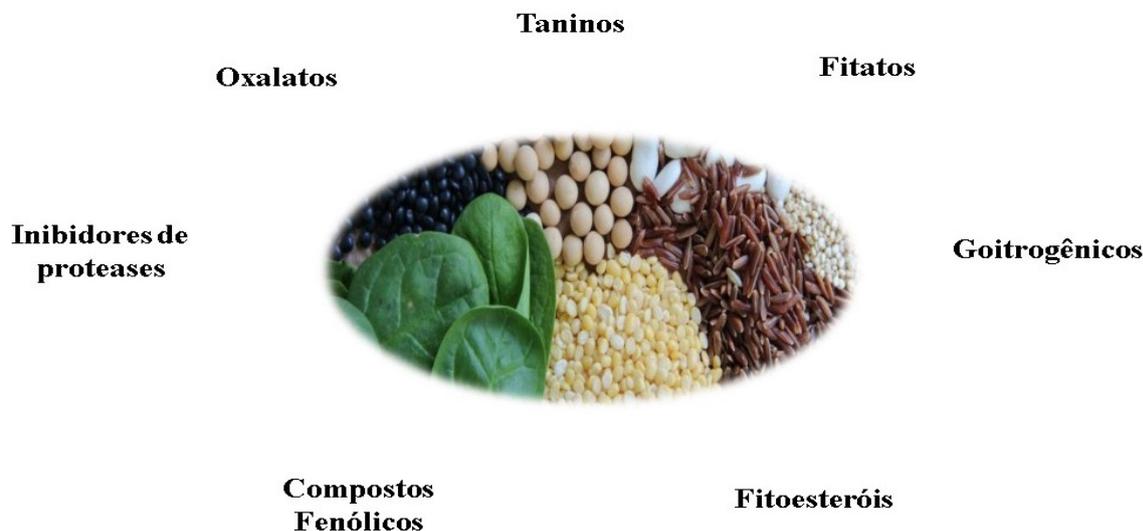
Fonte: autores (2022).

intoxicação, assim como acarretar disfunções na saúde, quando ingerido em excesso (BENEVIDES et al., 2015).

inibir as enzimas tripsina e quimotripsina, respectivamente (BENEVIDES et al., 2015).

Os inibidores de enzimas (protease e α -amilase)

Figura 2 - Compostos antinutricionais em alimentos de origem vegetal.



Fonte: autores, 2023.

Os antinutrientes são provenientes do resultado de mecanismos de defesa das plantas, contra as adversidades do meio ambiente. Tradicionalmente esses compostos vegetais, tem sido considerado danosos à saúde em virtude do seu potencial de reduzir a biodisponibilidade de nutrientes essenciais (LÓPEZ-MORENO; GARCÉS-RIMÓN; MIGUEL, 2022). No entanto, pesquisas relatam que esses chamados antinutrientes, tornaram-se conhecidos por possuírem efeito benéfico e potencial terapêutico em diversas doenças (PETROSKI; MINICH, 2020), conforme apresentado na Tabela 1. Indivíduos com dietas baseadas exclusivamente com alimentos de origem vegetal, como grãos e leguminosas, devem ter cuidado em relação aos antinutrientes. Entretanto, é necessário adotar medidas que visem eliminar esses compostos de forma segura antes do seu consumo.

Principais fatores antinutricionais

Inibidores de proteases

As enzimas proteolíticas desempenham várias funções fisiológicas complexas. Essas funções metabólicas e regulatórias são essenciais, principalmente devido à sua ocorrência em todas as formas de organismos vivos (STANGARLIN et al., 2011). Dentre os vários inibidores encontrados nos alimentos de origem vegetal, os mais importantes são enzimas proteolíticas (tripsina, quimotripsina) e amilolítica (α -amilase), produzidas pelo pâncreas, capazes de

são encontrados principalmente em leguminosas, ocasionando menor digestibilidade e baixa disponibilidade para absorção. Os inibidores da quimotripsina e tripsina, polipeptídeos responsáveis por limitar a atuação das enzimas, formam interações entre as proteínas. Deste modo, o sítio de ligação é bloqueado, em virtude da inibição da atividade enzimática, por meio da alça dos inibidores da proteína ou dos terminais N, ou C (PASQUALONE et al., 2020).

O trato gastrointestinal possui alta quantidade de proteases, produzidas pelo pâncreas, as quais realizam a digestão. Contudo, essa função é impedida pelos inibidores de proteases. (PASQUALONE et al., 2020). Nas leguminosas, a aglutinina de soja é o inibidor da tripsina e lectinas, na soja in natura ela é resistente às enzimas presentes no trato gastrintestinal, prejudicando os processos digestivos, diminuindo a absorção e aproveitamento dos nutrientes. Os inibidores de proteases da soja são formados pelo inibidor de tripsina Kunitz e, Bowman-Birk que além da tripsina, inibe a quimotripsina. A particularidade destes antinutrientes é reduzir a digestão das proteínas, limitando o ganho de peso e crescimento dos animais (ZANG et al., 2006).

Neste sentido, como forma de reversão, o pâncreas secreta mais enzima, as quais são inibidas outra vez, sobrecarregando o órgão e modificando as funcionalidades das células, deste modo, provocando hipertrofia e hiperplasia, ocasionando o desenvolvimento de

nódulos cancerígenos. Desta forma, a ação da digestão dos alimentos presentes no trato gastrointestinal é reduzida e, por consequência, o organismo tem seu desenvolvimento e desempenho comprometido (SAMTIYA; ALUKO; DHEWA, 2021).

Oxalatos

São ácidos orgânicos fortes com a capacidade de formar sais solúveis em água ligando-se a minerais como sódio ou potássio, e também sais insolúveis em água ligando-se ao cálcio, ferro ou zinco (LO et al., 2018). Não sendo possível sua metabolização pelo organismo, é excretado pelo sistema urinário. Apesar dos sais solúveis serem expelidos do corpo de forma rápida, os insolúveis (oxalato de cálcio) se depositam na urina como precipitados, formando cálculos renais e hiperplasia na tireóide. Ademais, o oxalato ainda pode provocar calcificações das células da mama se houver grandes exposições, sucedendo às metástases (CASTELLARO et al., 2015).

Segundo Castellaro et al. (2015), enquanto altas quantidades de oxalato no organismo provocam dores abdominais, disenteria, astenia e náuseas, pequenas quantidades em pessoas sensíveis ocasionam um efeito de ardor na região dos olhos, boca, garganta e ouvidos. Logo, a sugestão para o tratamento na prevenção de doenças recorrentes desse consumo é a restrição do oxalato na dieta, visto que compõe tecidos vegetais com combinações de outras fontes solúveis e insolúveis, consumidos diariamente pela população.

Nessa lógica, uma parcela de alimentos, como o espinafre e a carambola, os quais possuem abundância de oxalatos, não são recomendáveis para indivíduos, com predisposição a problemas renais, reumáticos e de artrite. Diversos autores investigaram os teores dos sais nos alimentos, inclusive nos cereais, comprovando que o ácido oxálico está presente na região mais externa de grãos inteiros dos cereais. O teor mais alto foi identificado no farelo de trigo (457,4 mg/100g) (MASSEY, 2007; MOREIRA et al., 2010).

A concentração de cálcio nos alimentos e a presença de inibidores da absorção determinam sua absorção. Dentre os principais, encontra-se o oxalato como inibidor mais potente para absorção de cálcio na dieta. Os íons de cálcio formam quelatos insolúveis com oxalato (DAMODARAN; PARKIN, 2019).

Taninos

Não existe uma definição para o termo tanino, pois muitas substâncias que variam em sua estrutura são representadas por esse nome. O termo tanino é amplamente aplicado a qualquer composto fenólico contendo hidroxilas e outro grupo adequado para formar complexos fortes com proteínas e outros polímeros, como os polissacarídeos (BELE; JADHAV; KADAM, 2010).

São compostos fenólicos especiais encontrados em plantas e alimentos, que possuem função antioxidante e terapêutica. Além disso, por conta de sua especificidade no efeito adverso na digestão de alimentos proteicos, são identificados como antinutrientes. Na alimentação de humanos e alguns animais, a redução também ocorre além da proteína, agindo também nos carboidratos e minerais, além de diminuir a ação das enzimas responsáveis pela digestão, causando prejuízos no muco presente no sistema digestório ou efeitos tóxicos (XU; CHANG, 2010).

Possuem também várias funções no ciclo de vida das plantas e se acumula em níveis relativamente altos e, em geral, estão envolvidos em procedimentos de defesa dos vegetais contra patógenos e herbívoros (AERTS et al., 1999) incluindo, tecidos de proteção, envolvimento em estratégias defensivas, como atração para polinizadores e animais disseminadores de sementes e proteção contra raios ultravioleta, protegendo os cloroplastos da foto degradação (ALMEIDA et al., 2006; SINGH et al., 2013) anterior ao processo de maturação da semente (SOUZA et al., 2019).

Os taninos são metabólitos complementares presentes nas plantas e são geralmente classificados em dois tipos: hidrolisáveis (galotaninos e elagitânicos) e condensados (não hidrolisáveis) formados a partir de polímeros de proantocianidinas. Os galotaninos, são encontrados na maioria das frutas, como caqui e banana, formados pelo ácido gálico. Os elagitânicos são encontrados em frutas vermelhas como morango, framboesa e amora, e apresentam ácido elágico (GILANI; COCKELL; SEPEHR, 2005).

Os taninos são classificados em dois grupos: (1) proantocianidinas, sendo os taninos condensados e responsáveis, principalmente pelas características de adstringência e precipitação de proteínas e (2) poliésteres de glicose do ácido gálico de ácidos hexa-hidroxifenil, conhecidos como taninos hidrolisáveis (DAMODARAN; PARKIN, 2019). Os condensados, segundo Thakur et al. (2019), são os que predominam, encontrados nos revestimentos das sementes. Os representantes

dessa classe que mais contêm taninos são a grama-preta, feijão bóer e ervilha verde.

A cor dos taninos contribui para a adstringência dos alimentos, variando de branco amarelado a castanho-claro. Esses compostos contribuem para a cor preta dos chás devido à transformação das catequinas em teaflavinas e tearubinas durante a fermentação. São importantes agentes clarificantes, pois tem a capacidade de precipitar as proteínas (DAMODARAN; PARKIN, 2019).

A quantidade e composição química dos taninos varia conforme as condições do clima, a geografia do local, maturação, entre outros. Os taninos não oxidados reagem por meio de ligações de pontes de hidrogênio e/ou ligações hidrofóbicas com proteínas. Já os oxidados, são transformados em quinonas, formando ligações covalentes com grupos funcionais, como os sulfídricos. Por conta de sua complexidade em relação as proteínas, tornam-nas insolúveis e as enzimas inativadas. Ademais, as ligações com outras macromoléculas, como o amido, diminuem os nutrientes dos alimentos, deixando-os com baixo valor nutricional (GUZMÁN-MALDONADO; ACOSTA-GALLEGOS; PAREDES-LOPEZ, 2000).

Nitritos

Os nitritos são encontrados de forma natural nos alimentos de origem vegetal e animal e na água, devido a utilização de fertilizantes nos cultivos. Porém, vegetais, carnes, aves e peixes processados e defumados, são os principais alimentos que estão expostos a contaminação por nitrito. Todavia, a quantidade dessa substância varia nos alimentos de acordo com a fertilização e circunstâncias do cultivo, colheita e armazenamento dos alimentos (DAMODARAN; PARKIN, 2019).

Nessa perspectiva, segundo Araújo e Midio (1990), os alimentos consumidos podem provocar efeitos tóxicos nos indivíduos conforme a concentração e vulnerabilidade do organismo, assim os impactos podem ser severos ou moderados. A substância pode reagir com outras aminas secundárias e terciárias, originando nitrosaminas com propriedades cancerígenas, teratogênicas e mutagenéticas. Ademais, pode ocorrer a conversão do nitrato para o nitrito no trato gastrointestinal por meio bacteriano, sendo ainda modificado

em nitrosamina na região estomacal, acarretando complicações no sistema humano.

A concentração de grandes quantidades de sais de nitrato em vegetais, é devido ao cultivo em solos com fertilização intensa, tornando-se algo preocupante, principalmente na preparação de alimentos infantis que utilizam esses tecidos vegetais (DAMODARAN; PARKIN, 2019).

Deste modo, de acordo com a Food and Agriculture Organization/World Health Organization (1995), antes dos alimentos serem distribuídos aos consumidores são realizadas verificações periódicas das proporções de nitritos, visando não exceder a Ingestão Diária Aceitável (IDA), minimizando os riscos de contaminação da população. As quantidades de IDA para o nitrito recomendado no Brasil é o mesmo da Food and Agriculture Organization/World Health Organization (FAO/WHO), de 0,06 mg/kg/dia de nitrito (como íon), salientando que esses valores da IDA não são empregados às crianças com idade inferior a 3 meses. Portanto, na alimentação de crianças menores de 6 meses é proibido a adição do nitrito como aditivo.

Saponinas

As saponinas são substâncias naturais de ligações glicosídicas, entre uma sapogenina e uma cadeia de glicose. Essa substância apresenta característica anfipática, ou seja, apresenta uma parte lipofílica e outra hidrofílica, obtendo aspecto surfactante. Assim, quando misturadas à substâncias aquosas sob agitação, produzem espumas. Algumas saponinas, como as triterpenóides são encontradas geralmente em leguminosas (SINHA; KHARE, 2017).

Segundo Sinha e Khare (2017), ambas as partes das saponinas, aglicona e as cadeias de açúcares relacionam-se com o colesterol por meio de ligações fortes nas membranas das células, ocasionando hemólise das células. Esses compostos não são facilmente quebrados pelas enzimas do trato digestivo, entretanto, ao formarem ligações com as células do intestino delgado, a absorção dos nutrientes pelo órgão é reduzida, provocando disfunções no organismo humano.

Deste modo, esses compostos agem fortemente inibindo enzimas fundamentais no processo digestivo, como as enzimas que digerem os lipídios, proteínas e carboidratos. As saponinas não são facilmente

hidrolisadas pelas enzimas digestivas humanas, desta maneira a digestão gastrointestinal pode ser seriamente prejudicada (AMIN; HANNA; MOHAMED, 2011). Deve-se considerar que os baixos níveis de saponinas nos vegetais podem não ser prejudiciais para saúde, mas pode tornar-se tóxico quando consumido em grandes concentrações na dieta regular (HUISMAN; VAN DER POEL; LIENER, 1989).

Em leguminosas as saponinas em doses baixas demonstram uma toxicidade moderada, mas em altas concentrações na dieta causam problemas de saúde (JANSMAN et al., 1998). No intestino pode alterar a integridade das células epiteliais intestinais e alterar a permeabilidade da camada epitelial, fazendo com que substâncias tóxicas presentes no intestino entrem com facilidade no sistema circulatório, causando toxicidade (BELMAR et al., 1999).

Fitato

Os fitatos são antinutrientes encontrados em cereais, leguminosas, nozes e sementes. Entre os alimentos com maior quantidade de fitatos destacam-se aveia, fava seca e amaranto, respectivamente com 2,618 mg, 2,248 mg e 1,382 mg de fitato/100 g de matéria seca (CASTRO-ALBA et al., 2019). O ácido fítico (mio-inositol hexaquisfosfato ou IP6) nas leguminosas estabelece a forma predominante de armazenamento de fósforo, como sais ou ligado a proteínas ou amido, representando até 75% do fósforo total nas sementes (MUZQUIZ et al., 2012).

Esses compostos podem formar complexos solúveis com cátions divalentes como zinco, ferro e cálcio sob pH ácido no estômago e precipitar em pH fisiológico no intestino, diminuindo sua biodisponibilidade no trato digestivo (SCHLEMMER et al., 2009; LESJAK; SRAI, 2019).

Na alimentação humana, as dietas ricas em leguminosas, proteínas de soja e fibras de cereais resultam em alta ingestão de fitato. Este composto nos alimentos apresenta um elevado potencial de ligar-se de forma positiva a proteínas carregadas, aminoácidos, e/ou cátions multivalentes. Resultando em complexos insolúveis, difíceis para os seres humanos hidrolisarem durante a digestão, o que os torna menos disponíveis para absorção. Tem sido ainda demonstrado que o fitato pode afetar a digestibilidade do amido, interagindo com a amilase (SATO et al., 2014). No feijão, o

ácido fítico se liga ao amido através do fosfato, reduzindo assim, a digestibilidade do amido (MAZUR, 2014).

Glucosinolatos

Os glucosinolatos são compostos pertencentes à família dos goitrogênicos, tendo como principais fontes as plantas crucíferas como couve-flor, repolho, brócolis, entre outros (FELKER; BUNCH; LEUNG, 2016). São metabólitos secundários de plantas constituídos por uma estrutura central com um grupo β -D-tioglicose ligado a uma porção de aldoxima sulfonada e uma cadeia variável derivada de aminoácidos (REDOVNIKOVIĆ et al., 2008). Durante a mastigação, os glucosinolatos são convertidos em uma série de derivados como tio-cianatos, isotiocianatos ou epitionitrilos, pela enzima mirosinase (PRIETO; LÓPEZ; SIMAL-GANDARA, 2019).

Estes compostos interferem na função da glândula tireóide, responsável pela doença chamada bócio, pois atuam bloqueando a produção de hormônios da tireoide. Os dois grupos de vegetais que interrompem a produção desse hormônio em humanos, estão relacionados à soja e hortaliças, que pertencem à família das crucíferas (SINHA; KHARE, 2017). Certos produtos glucosinolatos, isotiocianato e tiocianato em particular podem causar hipertrofia da tireoide, como repolho, nabo e couve (SAHU; TRIPATHY; ROUT, 2020).

O agravamento da função da tireóide pelos glucosinolatos está relacionada com a natureza do composto, espécie, ingestão e tempo da alimentação. A goitrogenicidade dessas substâncias é refletida sob baixo nível de iodeto (SAHU; TRIPATHY; ROUT, 2020). Para minimizar esses efeitos sugere-se a suplementação do iodo na dieta.

Nos estudos epidemiológicos, os resultados são diferentes relacionados aos efeitos adversos em dietas ricas com goitrogênio (KNIGHT et al., 2018; HASSEN; BEYENE; ALI, 2019). É importante levar em consideração a indicação desses resultados, tendo cautela no consumo desses alimentos. Para reduzir o possível efeito adverso na biodisponibilidade do iodo, é necessário o cozimento com a adição de iodo (PETROSKI; MINICH, 2020).

Fitoestrógenos

Os fitoestrógenos são compostos bioativos naturais, pertencente ao grupo dos compostos fenólicos, denominados polifenólicos não esteroides derivados

Em pesquisa recente, Wu et al. (2022) avaliaram os efeitos do processamento na biodisponibilidade de compostos bioativos em grãos de café, e verificaram que alguns polifenóis, do grupo de ácidos clorogênicos, especificamente os ácidos cafeoilquínicos e feruloilquínicos, apresentam fatores antinutricionais, ocasionando alterações sensoriais, incluindo adstringência, amargor e acidez indesejável nos grãos de café, o que pode ser justificado devido à formação de oxidação e degradação desses componentes.

Métodos aplicados para redução e inativação dos fatores antinutricionais

Imersão

A primeira etapa do processo para melhoria das sementes de leguminosas é a imersão, utilizada para acelerar o cozimento e principalmente diminuir os antinutrientes. Durante o procedimento, as moléculas, como taninos e saponinas –hidrossolúveis–, passam por um processo de extração de constituintes químicos que poderiam oferecer riscos à saúde. Para isso, as retiradas dos fatores podem ser realizadas tanto em água destilada, quanto em água salina (SAMTIYA et al., 2020).

Segundo Shi et al. (2018), reportam que a imersão na água destilada de sementes de leguminosas reduziu consideravelmente as taxas de substâncias não favoráveis ao organismo, como os oxalatos totais e solúveis. Ademais, ao realizar o procedimento no feijão-caupi, por 24 horas, houve a queda de IP6, por conta da liberação de enzimas em razão da modificação do meio iônico, devido o revestimento da semente tornar-se mais permeável. E as favas, ao serem colocadas na solução ácida ou na água, teve a diminuição considerável dos constituintes desfavoráveis, como a convicina (DIOUF et al., 2019).

Cozimento

A cocção é um modo tradicional simples de preparação térmica muito utilizada para a preparação de grande parte dos alimentos, essencialmente as leguminosas. O processo de cozimento reduz o teor de antinutrientes das leguminosas, aumentando assim as propriedades nutricionais dos alimentos. Testes realizados em lentilha, feijão-comum, ervilha e grão-de-bico, evidenciaram que houve um aumento significativo da digestão das proteínas *in vitro* após o processo de cozimento (DRULYTE; ORLIEN, 2019).

O efeito do cozimento nos tubérculos *Colocasia esculenta* (L.) Schott (cocoyam) sobre os teores de antinutrientes foi investigado por Ewu, Adebola e Afolayan (2010), onde obtiveram uma redução dos níveis de taninos, fitato e oxalato de cálcio, quando comparados ao tubérculo cru.

Segundo Pedrosa, Guillamón e Arribas (2021), a autoclavagem é um método mais eficiente do que a fervura, apresentando resultados satisfatórios na diminuição dos teores dos antinutrientes. Isso por que durante o cozimento por autoclave a pressão impulsiona a passagem da água para o interior das sementes, aumentando assim a extração dos constituintes. Comparando a fervura e o cozimento da vagem, foi verificado que a autoclavagem reduziu, em menos tempo, altos teores de rafinose, verbascose e estaquiose das leguminosas.

Ademais, foi verificado que a autoclavagem é uma das técnicas mais eficiente para a redução e até eliminação de substâncias alérgicas da lentilha, tremoço e grão-de-bico (CUADRADO et al., 2009). Segundo Shimelis e Rakshit (2007), a associação de técnicas como a imersão e autoclave causaram reduções mais significativas de rafinose e estaquiose das leguminosas, em relação aos resultados realizados de forma individual. Comprovando assim que a redução é mais intensa quando os alimentos são cozidos por meio da autoclavagem.

Fermentação

Um dos métodos habituais no processamento dos alimentos é a fermentação, a qual a ação das enzimas é ativada por meio microbiano, sucedendo reações hidrolíticas que ocasionam a diminuição dos antinutrientes. Alguns critérios são fundamentais para se ter uma fermentação considerada aceitável, como a atividade das enzimas, a cultura dos microrganismos, o método fermentativo e as condições do ambiente. Diversas substâncias podem ser retiradas total ou parcialmente por meio da fermentação, como os taninos, IP6 e lectina (ACQUAH et al., 2021).

A fermentação pelo microrganismo *Bacillus subtilis* elimina em 24 h compostos como a rafinose e estaquiose. Após 3 dias de fermentação nos grãos de soja, feijão-mungo e no feijão-comum com *Lacobacillus bulgaricus*, os números de IP6 reduziram significativamente. Desta forma, a expressiva redução

nos teores é referente a quebra dos constituintes pela ação enzimática das bactérias endógenas e do ácido láctico (MOHAMED et al., 2011).

Nessa perspectiva, as enzimas têm funções essenciais na quebra dos constituintes como a concina, isso devido à interação da farinha de feijão-água com uma cepa de *L. Plantarum*, a qual produz a enzima β -glicosidase, responsável pela quebra das agliconas em 48 h. Com isso, é possível observar uma alta digestibilidade proteica e a hidrólise do amido, em consequência das alterações estruturais das proteínas de armazenamento, diminuição dos antinutrientes e dos grãos de amido (ACQUAH et al., 2021).

Aquecimento dielétrico (micro-ondas e radiofrequência)

O uso de aquecimento dielétrico por radiofrequência (RF) ou micro-ondas (MW) é um método importante para aplicação em alimentos. O aquecimento por micro-ondas é um tratamento amplamente utilizado para inativar enzimas em produtos de origem vegetal (REDONDO ET. AL., 2016). Este método tem como vantagens menor tempo de cozimento, pois utiliza altas temperaturas, além de ser conveniente e seguro.

Esses dois tipos de aquecimento tem sido estudados como um método possível para a secagem de produtos agrícolas (VARITH et al., 2007). Proporcionam menor tempo, maior eficiência energética e melhor qualidade do produto em comparação com o aquecimento convencional de ar quente (DONG et al., 2011; DUAN et al., 2011).

Em três cultivares de fava estudada aumentou a digestibilidade da proteína com o aumento da energia de aquecimento por micro-ondas, até 1 kJ/g e os teores de saponinas, taninos, IP6 e TIA (inibidor de tripsina) foram significativamente reduzidos. (ALAJAJI; EL-ADAWY, 2006; DRULYTE; ORLIEN, 2019). Ao pesquisar a influência dos métodos de aquecimento dielétrico na remoção de antinutrientes em grãos de soja preta, houve uma redução nas concentrações de taninos, saponinas e IP6 tanto nos tratamentos de radiofrequência quanto de aquecimento por micro-ondas (ZHONG; WANG; ZHAO, 2015).

Mashiane et al. (2022) aplicaram algumas técnicas de processamento em folhas de abóbora, dentre elas a do processo por micro-ondas e relataram a redução

no teor de tanino em mais de 60% e no teor de fitato em mais de 50% em comparação com folhas de abóbora africanas cruas.

Extrusão

O processamento por extrusão é uma técnica que trabalha com alto cisalhamento e curto tempo, é utilizada para fabricação de uma grande variedade de produtos, como proteínas vegetais texturizadas, cereais e salgadinhos. O processamento de extrusão funciona utilizando um único ou um conjunto de roscas para transportar a mistura preparada com os ingredientes, em sua grande maioria à base de amido através de um tubo aquecido (KAISANGSRI et al., 2016; LI et al., 2017).

No estudo realizado para investigar os efeitos do processamento de extrusão sobre o nível de fator antinutricional no amido do produto extrusado de lentilha, o cozimento por extrusão causou uma redução significativa nos teores de ácido fítico, taninos e polifenóis condensados em comparação com a lentilha crua (RATHOD; ANNAPURE, 2016). O processo de extrusão em leguminosas modifica a gelatinização do amido, reduz a oxidação dos lipídeos, aumenta as fibras solúveis, bem como melhora o sabor e cor sensorial (CIUDAD-MULERO et al., 2022). Em diferentes sementes de leguminosas, essa técnica reduziu a quantidade dos seguintes antinutrientes: lectinas, taninos, IP6 e inibidores de enzimas (tripsina, quimotripsina e α -amilase) (SINGH et al., 2017).

Irradiação γ

A irradiação é um método tecnológico seguro para o processamento de alimentos, sendo utilizado para aumentar a vida útil de uma variedade de produtos alimentícios e inativar microrganismos, com isso retardando o amadurecimento e germinação de frutos (RAVINDRAN; JAISWAL, 2019). É adotada por vários países para a qualidade alimentar, como um processo sanitário e fitossanitário, englobando mais de 60 produtos alimentícios (IHSANULLAH; RASHID, 2017).

Em estudo realizado para avaliar os efeitos da irradiação gama (5 e 10 kGy) sobre os fatores antinutricionais da farinha de soja, os pesquisadores concluíram que a irradiação γ reduziu significativamente os níveis de ácido fítico, taninos e inibidor de tripsina, enquanto os fenóis totais aumentaram em relação às amostras da farinha de soja não processadas. Portanto, os autores

sugeriram que a irradiação pode ser escolhida como um método benéfico não só na redução dos antinutricionais, mas também no aumento dos teores fenólicos totais (HAMZA et al., 2012).

Na avaliação do efeito da irradiação gama na redução das alterações de inibidor de tripsina (TI), ácido fítico e oligossacarídeos em fava (*Vicia faba* L.), as sementes foram submetidas à irradiação gama a 0; 2,5; 5; 7,5 e 10 kGy, respectivamente, utilizando radiação gama de cobalto-60, com dose de 2,37 kGy. A atividade de TI foi reduzida em 4,5%, 6,7%, 8,5% e 9,2% a 2,5, 5, 7,5 e 10 kGy, respectivamente. Já nas doses de 10,2, 12,3, 15,4 e 18,2 kGy reduziu o teor de ácido fítico. Com o aumento das doses também foi possível verificar a redução nos oligossacarídeos que causam sintomas de flatulência. Concluindo que, do ponto de vista nutricional, a radiação gama tem possibilidades de melhorar a qualidade das favas (AL-KAISEY et al., 2003).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o crescente interesse em utilizar culturas alimentares na diversificação da dieta, torna-se fundamental, entender a biodisponibilidade dos nutrientes nos alimentos de origem vegetal durante a digestão e atividades biológicas em detrimento a ação dos compostos antinutricionais.

No entanto, diversos estudos mostram, que a ingestão balanceada de antinutrientes podem reformular sua imagem como compostos prejudiciais, onde estes podem promover efeitos benéficos para a saúde, em termos nutracêuticos e funcionais. Mas, para almejar tais impactos positivos, é necessário adotar técnicas adequadas para reduzir a formação de compostos indesejáveis.

De forma geral, os benefícios dos fatores antinutricionais nos vegetais, superam as desvantagens. No entanto, pode-se tornar uma preocupação quando consumidos em grandes quantidades e sem as devidas técnicas de processamento. Portanto, faz-se necessário, adotar técnicas como imersão, cozimento, fermentação, aquecimento dielétrico, extrusão e irradiação γ , para reduzir ou inativar os compostos antinutricionais a níveis seguros na ingestão de vegetais para o consumidor.

REFERÊNCIAS

- ABDI, F.; RAHNEMAEI, F. A.; ROOZBEH, N.; PAKZAD, R. Impact of phytoestrogens on treatment of urogenital menopause symptoms: A systematic review of randomized clinical trials. *European Journal of Obstetrics, Gynecology, and Reproductive Biology*, v. 261, p. 222-235, 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2021.03.039>.
- ACQUAH, C.; OHEMENG-BOAHEN, G.; POWER, K. A.; TOSH, S. M. The effect of processing on bioactive compounds and nutritional qualities of pulses in meeting the sustainable development goal 2. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 5, 681662, 2021. doi: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.681662>.
- AERTS, R. J.; BARRY, T. N.; MCNABB, W. C. Polyphenols and agriculture: beneficial effects of proanthocyanidins in forages. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 75, n.1-2, p. 1-12, 1999. doi: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00062-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00062-6).
- ALAJAJI, S. A.; EL-ADAWY, T. A. Nutritional composition of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by microwave cooking and other traditional cooking methods. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 19, n. 8, p. 806-812, 2006. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.03.015>.
- AL-KAISEY, M. T.; ALWAN, A. K. H.; MOHAMMAD, M. H.; SAEED, A. H. Effect of gamma irradiation on antinutritional factors in broad bean. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 67, Issues 3-4, 2003, p. 493-496, 2003. doi: [https://doi.org/10.1016/S0969-806X\(03\)00091-4](https://doi.org/10.1016/S0969-806X(03)00091-4).
- ALMEIDA, A. P. M. G.; KOMMERS, G. D.; NOGUEIRA, A. P. A.; JÚNIOR, L. G. B.; MARQUES, B. M. F. P.; LEMOS, R. A. A. Avaliação do efeito tóxico de *Leucaena leucocephala* (Leg. Mimosoideae) em ovinos. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 26, n. 3, p. 190-194, 2006. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2006000300011>.

- ALMEIDA, M. E. F. de; JUNQUEIRA, A. M. B.; SIMÃO, A. A.; CORRÊA, A. D. Caracterização química das hortaliças não-convencionais conhecidas como ora-pro-nobis. *Bioscience Journal*, v. 30, p. 431-439, 2014. Acesso em: 12.06.22. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/17555>.
- AMIN, H. A. S.; HANNA, A. G.; MOHAMED, S. S. Comparative studies of acidic and enzymatic hydrolysis for production of soyasapogenols from soybean saponin. *Biocatalysis and Biotransformation*, v. 29, n. 6, p. 311-319, 2011. doi: 10.2174/2210289201607010134.
- ARAÚJO, A. C. P.; MIDIO, A. F. Nitratos e nitritos en alimentos infantiles industrializados y caseros. *Alimentaria*, v. 27, n. 209, p. 69-75, 1990. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17367>.
- AUNE, D.; GIOVANNUCCI, E.; BOFFETTA, P.; FADNES, L. T.; KEUM, N.; NORAT, T.; GREENWOOD, D. C.; RIBOLI, E.; VATTEN, L. J.; TONSTAD, S. Fruit and vegetable intake and the risk of cardiovascular disease, total cancer and all-cause mortality-a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *International Journal of Epidemiology*. v. 46, n. 3, p. 1029-1056, 2017. doi: <https://doi.org/10.1093/ije/dyw319>.
- BABBAR, N.; OBEROI, H. S.; SANDHU, S. K. Therapeutic and nutraceutical potential of bioactive compounds extracted from fruit residues. *Critical Reviews in Food Science Nutrition*, v. 55, n. 3, p. 319-37, 2015. doi: <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.653734>.
- BELE, A. A.; JADHAV, V. M.; KADAM, V. J. Potential of tannins: A review. *Asian Journal of Plant Sciences*, v. 9, n. 4, p. 209-214, 2010. doi: 10.3923/ajps.2010.209.214.
- BELMAR, R.; NAVA-MONTERO, R.; SANDOVAL-CASTRO, C.; MCNAB, J. Jack bean (*Canavalia ensiformis* L. DC) in poultry diets: Antinutritional factors and detoxification studies – a review. *World's Poultry Science Journal*, v. 55, n. 1, p. 37-59, 1999. doi: <https://doi.org/10.1079/WPS19990004>.
- BENEVIDES, C. M. de J.; SOUZA, M. V.; SOUZA, R. D. B.; LOPES, M. V. Fatores antinutricionais em alimentos: revisão. *Segurança Alimentar e Nutricional*, v. 18, n. 2, p. 67-79, 2015. doi: <https://doi.org/10.20396/san.v18i2.8634679>.
- BEZDEKOVA, J.; VLCNOVSKA, M.; ZEMANKOVA, K.; BACOVA, R.; KOLACKOVA, M.; LEDNICKY, T.; PRIBYL, J.; RICHTERA, L.; VANICKOVA, L.; ADAM, V.; VACULOVICOVA, M. Molecularly imprinted polymers and capillary electrophoresis for sensing phytoestrogens in milk. *Journal of Dairy Science*, v. 103, n. 6, p. 4941-4950, 2020. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17367>.
- BOHN, T. Dietary factors affecting polyphenol bioavailability. *Nutrition Reviews*, v. 72, n. 7, p. 429-52, 2014. doi: <https://doi.org/10.1111/nure.12114>.
- CAMPOS-VEGA, R.; LOARCA-PIÑA, G.; OOMAH, B. D. Minor components of pulses and their potential impact on human health. *Food Research International*, v. 43, n. 2, p. 461-482, 2010. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.004>.
- CARNEIRO, J. L.; CUNHA, M. G. DA; HADDAD, A.; FRANCISCHELLI NETO, M. Os efeitos dos estrogênios e fitoestrogênios na pele humana e seu uso tópico para prevenção do envelhecimento cutâneo: revisão da literatura. *Surgical & Cosmetic Dermatology*, v. 12, n. 1, p. 11-15, 2020. doi: <https://doi.org/10.5935/scd1984-8773.20201211397>.
- CASTELLARO, A. M.; TONDA, A.; CEJAS, H. H.; FERREYRA, H.; CAPUTTO, B. L.; PUCCI, O. A.; GIL, G. A. Oxalate induces breast cancer. *BMC Cancer*, v. 15, n. 761, 2015. doi: <https://doi.org/10.1186/s12885-015-1747-2>.
- CASTRO-ALBA, V.; LAZARTE, C. E.; BERGENSTÅHL, B.; GRANFELDT, Y. Phytate, iron, zinc, and calcium content of common Bolivian foods and their estimated mineral bioavailability.

Food Science & Nutrition, v. 7, n. 9, p. 2854-2865, 2019. doi: <https://doi.org/10.1002/fsn3.1127>.

CECCARELLI, I.; BIOLETTI, L.; PEPARINI, S.; SOLOMITA, E.; RICCI, C.; CASINI, I.; MICELI, E.; ALOISI, A. M. Estrogens and phytoestrogens in body functions. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, v. 132, p. 648-663, 2022. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.12.007>.

CHAI, W.; LIEBMAN, M. Oxalate content of legumes, nuts and grain-based flours. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 18, n. 7, p. 723-729, 2005. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2004.07.001>.

CHAKRABORTY, D.; GUPTA, K.; BISWAS, S. A mechanistic insight of phytoestrogens used for Rheumatoid arthritis: An evidence-based review. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, v. 113, 111039, 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.111039>.

CHAMP, M. M. Non-nutrient bioactive substances of pulses. *The British Journal of Nutrition*, v.88, n. 3, p. 307-319, 2002. doi: <https://doi.org/10.1079/BJN2002721>.

CHRZANOWSKA, A. M.; POLIWODA, A.; WIECZOREK, P.P. Surface molecular imprint silica for selective solid-phase extraction of biochanin A, daidzein and genistein from urine samples. *Journal of Chromatography*, v. 1392, p. 1-9, 2015. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2015.03.015>.

CIUDAD-MULERO, M.; VEGA, E. N.; GARCÍA-HERRERA, P.; PEDROSA, M. M.; ARRIBAS, C.; BERRIOS, J. D. J.; CÁMARA, M.; FERNÁNDEZ-RUIZ, V.; MORALES, P. Extrusion cooking effect on carbohydrate fraction in novel gluten-free flours based on chickpea and rice. *Molecules*, v. 27, n. 3, 1143, 2022. doi: <https://doi.org/10.3390/molecules27031143>.

CUADRADO, C.; CABANILLAS, B.; PEDROSA, M. M.; VARELA, A.; GUILLAMÓN, E.; MUZQUIZ, M.; CRESPO, J. F.; RODRIGUEZ, J.; BURBANO, C.

Influence of thermal processing on IgE reactivity to lentil and chickpea proteins. *Molecular Nutrition & Food Research*, v. 53, n. 11, p. 1462-1468, 2009. doi: <https://doi.org/10.1002/mnfr.200800485>.

DAMÁZIO, L. S.; DALEFFE, D.; MACARINI, K.; ARNS, K.; RODRIGUES, P. de F. Fitoestrogênios na saúde da mulher: menopausa. *Revista Inova Saúde*, v. 5, n. 1, p. 87-99, 2016. doi: <https://doi.org/10.18616/is.v5i1.2329>.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. *Química de alimentos de Fennema*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2019. 1112 p.

DAS, G.; SHARMA, A.; SARKAR, P. K. Conventional and emerging processing techniques for the post-harvest reduction of antinutrients in edible legumes. *Applied Food Research*, v. 2, n. 1, 100112, 2022. doi: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100112>.

DIOUF, A.; SARR, F.; SENE, B., NDIAYE, C.; FALL, S. M.; AYEISSOU, N. C. Pathways for reducing anti-nutritional factors: prospects for *Vigna unguiculata*. *Journal of Nutritional Health & Food Science*, v. 7, n. 2, p. 1-10, 2019. doi: <https://doi.org/10.15226/jnhfs.2019.001157>.

DIXON, R. A.; FERREIRA, D. Molecules of Interest Genistein. *Phytochemistry*, v.60, n. 3, p.205-211, 2002. doi: [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(02\)00116-4](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(02)00116-4).

DOMÍNGUEZ-LÓPEZ, I.; YAGO-ARAGÓN, M.; SALAS-HUETOS, A.; TRESSERRA-RIMBAU, A.; HURTADO-BARROSO, S. Effects of dietary phytoestrogens on hormones throughout a human lifespan: a review. *Nutrients*, v. 12, n. 8, 2456, 2020. doi: <https://doi.org/10.3390/nu12082456>.

DONG, J.; MA, X.; FU, Z.; GUO, Y. Effects of microwave drying on the contents of functional constituents of *Eucommia ulmoides* flower tea. *Industrial Crops and Products*, v. 34, n. 1, p. 1102-1110, 2011. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.03.026>.

DOS SANTOS, S. S.; SANTOS FILHO, S. J. de A.; ENJIU, L. M.; BAPTISTA, A. S.; SANTOS, E. de A.; MORAIS, M. P. de; GIANONI, R. L. da S.; SIMÃO, A. L.; TRIGO, E. L.; JÚNIOR, L. C. A Suplementação com proteína da soja para hipertrofia muscular. *Revela*, 22, p. 183-206, 2018. Acesso em: 02.08.22. Disponível em: <http://fals.com.br/novofals/revela/ed22/ED22_12.pdf>.

DRULYTE, D.; ORLIEN, V. The effect of processing on digestion of legume proteins. *Foods*, v. 8, n. 6, p. 224, 2019. doi: <https://doi.org/10.3390/foods8060224>.

DUAN, Z.; JIANG, L.; WANG, J.; YU, X.; WANG, T. Drying and quality characteristics of tilapia fish fillets dried with hot air-microwave heating. *Food and Bioproducts Processing*, v. 89, n. 4, p. 472-476, 2011. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2010.11.005>.

DURAZZO, A.; LUCARINI, M.; CAMILLI, E.; MARCONI, S.; GABRIELLI, P.; LISCIANI, S.; GAMBELLI, L.; AGUZZI, A.; NOVELLINO, E.; SANTINI, A.; TURRINI, A.; MARLETTA, L. Dietary Lignans: Definition, Description and Research Trends in Databases Development. *Molecules*, v. 23, n. 12, 3251, 2018. doi: <https://doi.org/10.3390/molecules23123251>.

EICHELMANN, F.; SCHWINGSHACKL, L.; FEDIRKO, V.; ALEKSANDROVA, K. Effect of plant-based diets on obesity-related inflammatory profiles: a systematic review and meta-analysis of intervention trials. *Obesity Reviews*, v. 17, n. 11, p. 1067-1079, 2016. doi: <https://doi.org/10.1111/obr.12439>.

EWU, M. N.; ADEBOLA, P.O.; AFOLAYAN, A. J. Comparative assessment of the nutritional value of commercially available cocoyam and potato tubers in south africa. *Journal of Food Quality*, v. 33, p. 461-476, 2010. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2010.00325.x>

FELKER, P.; BUNCH, R.; LEUNG, A. M. Concentrations of thiocyanate and goitrin in human plasma, their precursor concentrations in

brassica vegetables, and associated potential risk for hypothyroidism. *Nutrition Reviews*, v. 74, n. 4, p. 248-58, 2016. doi: <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuv110>.

FERREIRA, I. C. F. R.; BARROS, L. *Advances in food and nutrition research: functional food ingredients from plants*. 1. ed. Portugal: Academic Press, 2019. 443 p. Acesso em: 23 ago. 2022. Disponível em: <<https://www.elsevier.com/books/functional-food-ingredients-from-plants/ferreira/978-0-12-816567-6>>.

GEMEDE, H. F.; RATTA, N. Antinutritional factors in plant foods: potential health benefits and adverse effects. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, v. 3, n. 4, p. 284-289, 2014. Acesso em: 23 ago. 2022. doi: <https://doi.org/10.11648/j.ijnfs.20140304.18>>.

GILANI, G. S.; COCKELL, K. A.; SEPEHR, E. Effects of antinutritional factors on protein digestibility and amino acid availability in foods. *Journal of AOAC International*, v. 88, n. 3, p. 967-87, 2005. Acesso em: 06.08.22. Disponível em:< <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16001874/>>.

GREINER, R.; KONIETZNY, U. Phytase for food application. *Food Technology and Biotechnology*, n. 44, n. 2, p. 125-140, 2006. doi: <https://doi.org/109831>.

GUZMÁN-MALDONADO, S.; ACOSTA-GALLEGOS, J.; PAREDES-LOPEZ, O. Protein and mineral content of a novel collection of wild and weedy common bean (*Phaseolus vulgaris* L). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 80, n. 13, p. 1874-1881, 2000. doi: [https://doi.org/10.1002/1097-0010\(200010\)80:13<1874::AID-JSFA722>3.0.CO;2-X](https://doi.org/10.1002/1097-0010(200010)80:13<1874::AID-JSFA722>3.0.CO;2-X).

HAMZA, R. G.; AFIFI, S.; ABDEL-GHAFFAR, A. R. B.; BORAI, I. H. Effect of gamma-irradiation or/and extrusion on the nutritional value of soy flour. *Biochemistry & Analytical Biochemistry*, v. 1, n. 6, Article 1000118, 2012. doi: <https://doi.org/10.4172/2161-1009.1000118>.

HASSEN, H. Y.; BEYENE, M.; ALI, J. H. Dietary pattern and its association with iodine deficiency among school children in southwest Ethiopia; A cross-sectional study. *PLoS One*, v. 14, n. 8, e0221106, 2019. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221106>.

HIGASHIJIMA, N. S.; LUCCA, A.; REBIZZ, L. R. H.; REBIZZI, L. M. H. Fatores antinutricionais na alimentação humana. *Segurança Alimentar e Nutricional*, Campinas, SP, v. 27, p. e020013, 2019. doi: <https://doi.org/10.20396/san.v27i0.8653587>.

HUISMAN, J.; VAN DER POEL, A. F. B.; LIENER, I. E. Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds. *Proceedings of the First International Workshop on Antinutritional Factors (ANF) in Legume seeds*. Wageningen: Pudoc, 1989. 389 p. Acesso em: 26.09.2023. Disponível em: <https://edepot.wur.nl/313366>.

HÖNOW, R.; HESSE, A. Comparison of extraction methods for the determination of soluble and total oxalate in foods by HPLC-enzyme-reactor. *Food Chemistry*, v. 78, n. 4, p. 511-521, 2002. doi: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00212-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00212-1).

HU, D.; HUANG, J.; WANG, Y.; ZHANG, D.; QU, Y. Fruits and vegetables consumption and risk of stroke: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Stroke*, v. 45, n. 6, p. 1613-1619, 2014. doi: <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.114.004836>.

IHSANULLAH, I.; RASHID, A. Current activities in food irradiation as a sanitary and phytosanitary treatment in the Asia and the Pacific Region and a comparison with advanced countries *Food Control*, 72, p. 345-359, 2017. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.03.011>.

JANSMAN, A. J. M.; HILL, G. D.; HUISMAN, J.; VAN DER POEL, A. F. B. Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds and rapeseed. *Proceedings of the 3rd International ANF Workshop*. Wageningen: Wageningen Pers, 1998. 476 p. Acesso em 23.08.22. Disponível em: [https://research.wur.nl/en/publications/recent-](https://research.wur.nl/en/publications/recent-advances-of-research-in-antinutritional-factors-in-legume-)

[advances-of-research-in-antinutritional-factors-in-legume->](https://research.wur.nl/en/publications/recent-advances-of-research-in-antinutritional-factors-in-legume-).

JITHENDER, B.; UPENDAR, K.; NICKHIL, C.; RATHOD, P. J. Nutritional and anti-nutritional factors present in oil seeds: An overview. *International Journal of Chemical Studies*, v. 7, n. 6, p. 1159-1165, 2019. Acesso em: 02.08.22. Disponível em: <https://www.chemijournal.com/archives/?year=2019&vol=7&issue=6&ArticleId=7726&si=false>.

KAISANGSRI, N.; KOWALSKI, R. J.; WIJESEKARA, I.; KERDCHOECHUEN, O.; LAOHAKUNJIT, N.; GANJYAL, G. M. Carrot pomace enhances the expansion and nutritional quality of corn starch extrudates. *LWT - Food Science and Technology*, v. 68, p. 391-399, 2016. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.12.016>.

KHATTAK, A. B.; ZEB, A.; BIBI, N.; KHALIL, S. A.; KHATTAK, M. S. Influence of germination techniques on phytic acid and polyphenols content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts. *Food Chemistry*, v. 104, n. 3, p. 1074-1079, 2007. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.022>.

KIM, Y.; JE, Y. Dietary fibre intake and mortality from cardiovascular disease and all cancers: A meta-analysis of prospective cohort studies. *Archives of Cardiovascular Diseases*, v. 109, n. 1, p. 39-54, 2016. doi: <https://doi.org/10.1016/j.acvd.2015.09.005>.

KNIGHT, B. A.; SHIELDS, B. M.; HE, X.; PEARCE, E. N.; BRAVERMAN, L. E.; STURLEY, R.; VAIDYA, B. Effect of perchlorate and thiocyanate exposure on thyroid function of pregnant women from South-West England: a cohort study. *Thyroid Research*, v. 11, n. 9, 2018. doi: <https://doi.org/10.1186/s13044-018-0053-x>.

KRIS-ETHERTON, P. M.; HECKER, K. D.; BONANOME, A.; COVAL, S. M.; BINKOSKI, A. E.; HILPERT, K. F.; GRIEL, A. E.; ETHERTON, T. D. Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *The American Journal of Medicine*, v. 113, Suppl 9B:71S-88S, 2002. doi: <https://doi.org/10.1016/>

S0002-9343(01)00995-0.

KUMAR, V.; SINHA, A. K.; MAKKAR, H. P. S.; KLAUS, B. Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition: A review. *Food Chemistry*, v. 120, n. 4, p. 945-959, 2010. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.11.052>.

LESJAK, M.; SRAI, S. K. S. Role of dietary flavonoids in iron homeostasis. *Pharmaceuticals (Basel)*, v. 12, n. 3, 119, 2019. doi: <https://doi.org/10.3390/ph12030119>.

LI, B.; LI, F.; WANG, L.; ZHANG, D. Fruit and vegetables consumption and risk of hypertension: A meta-analysis *The Journal of Clinical Hypertension*, v.18, n. 5, p. 468-476, 2016. doi: <https://doi.org/10.1111/jch.12777>.

LI, C.; KOWALSKI, R. J.; LI, L.; GANJYAL, G. M. Extrusion Expansion Characteristics of Samples of Select Varieties of Whole Yellow and Green Dry Pea Flours. *Cereal Chemistry*, v. 94, n. 3, p. 385-391, 2017. doi: <https://doi.org/10.1094/CCHEM-04-16-0079-R>.

LI, M.; FAN, Y.; ZHANG, X.; HOU, W.; TANG, Z. Fruit and vegetable intake and risk of type 2 diabetes mellitus: Meta-analysis of prospective cohort studies. *BMJ Open*, v. 4, n.11, e005497, 2014. doi: [10.1136/bmjopen-2014-005497](https://doi.org/10.1136/bmjopen-2014-005497).

LO, D.; WANG, H. W. H.; WU, W. W. W.; YANG, R. Y. Y. R. Anti-nutrient components and their concentrations in edible parts in vegetable families. *CABI Reviews*, v. 13, n. 15, p. 1-30, 2018. doi: <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR20181301>.

LOPES, C. de O.; DESSIMONI, G. V.; DA SILVA, M. C.; VIEIRA, G.; PINTO, N. A. V. S. Aproveitamento, composição nutricional e antinutricional da farinha de quinoa (*Chenopodium Quinos*). *Alimentos e Nutrição*, v. 20, n. 4, p. 669-675, 2009. Acesso em: 02.08.22. Disponível em: <http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/view/1265/874>.

LÓPEZ-MORENO, M.; GARCÉS-RIMÓN, M.; MIGUEL, M. Antinutrients: Lectins, goitrogens, phytates and oxalates, friends or foe? *Journal of Functional Foods*, v. 89, 104938, 2022. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.104938>.

MACHADO, T. S.; SABÓIA, R. S.; ROCHA, M. S.; BARROQUEIRO, A. T. S. Fitoestrógenos no climatério: proposição de um cardápio rico em fitoestrógenos para mulheres climatéricas. *Estudos Interdisciplinares sobre o Envelhecimento*, v. 26, n. 2, 2021. doi: <https://doi.org/10.22456/2316-2171.102040>.

MAHAN, L. K; RAYMOND, J. L. *Krause alimentos, nutrição e dietoterapia dietoterapia*. 14. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 2018. Acesso em: 02.08.22. Disponível em: <https://eu-ireland-custom-media-prod.s3-eu-west-1.amazonaws.com/Brasil/Downloads/02-10/esample%20-%20Mahan-min.pdf>.

MARADINI FILHO, A. M. Caracterização físico-química, nutricional e fatores antinutricionais de quinoa da variedade brasileira BRS Piabiru. 2014. 202 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2014. Acesso em: 02.08.22. Disponível em: <http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/6405>.

MASHIANE, P.; SHOKO, T.; MANHIVI, V.; SLABBERT, R.; SULTANBAWA, Y.; SIVAKUMAR, D. A. Comparison of Bioactive Metabolites, Antinutrients, and Bioactivities of African Pumpkin Leaves (*Momordica balsamina* L.) Cooked by Different Culinary Techniques. *Molecules*, v. 27, n. 6, 1901, 2022. doi: <https://doi.org/10.3390/molecules27061901>.

MASSEY, L. K. Food oxalate: factors affecting measurement, biological variation, and bioavailability. *Journal of the American Dietetic Association*, v. 107, n. 7, p. 1191-1194, 2007. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jada.2007.04.007>.

MAZUR, C. E. Efeito do Feijão Branco (*Phaseolus vulgaris* L.) na perda de peso. *RBNE - Revista*

- Brasileira de Nutrição Esportiva, v. 8, n. 48, p. 404-411, 2014. Acesso em: 02.08.22. Disponível em: <<http://www.rbne.com.br/index.php/rbne/article/view/482>>.
- MEAGHER, L. P.; BEECHER, G. R. Assessment of data on the lignan content of foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 13, n. 6, p. 935-947, 2000. doi: <https://doi.org/10.1006/jfca.2000.0932>.
- MELINI, V.; MELINI, F.; ACQUISTUCCI, R. Phenolic compounds and bioaccessibility thereof in functional pasta. *Antioxidants*, v. 9, n. 4, 343, 2020. doi: <https://doi.org/10.3390/antiox9040343>.
- MOHAMED, K. R.; ABOU-ARAB, E. A.; GIBRIEL, A. Y.; RASMY, N. M. H.; ABU-SALEM, F. M. Effect of legume processing treatments individually or in combination on their phytic acid content. *African Journal of Food Science and Technology*, v. 2, n. 2, p. 36-46, 2011. Acesso em: 12.08.22. Disponível em: <<http://www.interesjournals.org/AJFST>>.
- MOREIRA, F. G.; IERVOLINO, R. L.; DALL'ORTO, S. Z.; BENEVENTI, A. C. A.; OLIVEIRA FILHO, J. L. de; GÓIS, A. F. T. de. Star fruit intoxication in a chronic renal failure patient: case report. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*, v. 22, n. 4, p. 395-398, 2010. doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-507X2010000400013>.
- MUNHOZ, C. L.; GUIMARÃES, R. de C. A.; NOZAKI, V. T.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; MACEDO, M. L. R. Composição química e de fatores antinutricionais de frutos de bociuiva. *Ambiência Guarapuava (PR)*, v.14, n.1, p. 212 – 224, 2018. doi: <https://doi.org/10.5935/ambiencia.2018.15.01>.
- MURPHY, P. A.; HENDRICH, S. Phytoestrogens in foods. *Advances in Food and Nutrition Research*, v. 44, p. 195-N4, 2022. doi: [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(02\)44005-3](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(02)44005-3).
- MUZQUIZ, M.; VARELA, A.; BURBANO, C.; CUADRADO, C.; GUILLAMÓN, E.; PEDROSA, M. M. Bioactive compounds in legumes: pronutritive and antinutritive actions. Implications for nutrition and health. *Phytochemistry Reviews*, v. 11, p. 227–244, 2012. doi: <https://doi.org/10.1007/s11101-012-9233-9>.
- MUZQUIZ, M.; WOOD, J. A. Antinutritional factors. *CABI Books: CABI International*, 2007. doi: <https://doi.org/10.1079/9781845932138.006>.
- NATH, H.; SAMTIYA, M; DHEWA, T. Beneficial attributes and adverse effects of major plant-based foods anti-nutrients on health: A review. *Human Nutrition & Metabolism*, v. 28, 2022. doi: <https://doi.org/10.1016/j.hnm.2022.200147>.
- OLAYA, B.; MONETA, M. V.; LARA, E.; MIRET, M.; MARTÍN-MARÍA, N.; MORENO-AGOSTINO, D.; AYUSO-MATEOS, J. L.; ABDULJABBAR, A. S.; HARO, J. M. Fruit and vegetable consumption and potential moderators associated with all-cause mortality in a representative sample of spanish older adults. *Nutrients*, v. 11, n. 8,1794, 2019. doi: <https://doi.org/10.3390/nu11081794>.
- PASQUALONE, A.; COSTANTINI, M.; COLDEA, T. E.; SUMMO, C. Use of legumes in extrusion cooking: A review. *Foods*, v. 9, n. 7, p. 958, 2020. doi: <https://doi.org/10.3390/foods9070958>.
- PEDROSA, M. M.; GUILLAMÓN, E.; ARRIBAS, C. Autoclaved and extruded legumes as a source of bioactive phytochemicals: a review. *Foods*, v. 10, n. 2, 379, 2021. doi: <https://doi.org/10.3390/foods10020379>.
- PETROSKI, W.; MINICH, D. M. Is there such a thing as "anti-nutrients"? a narrative review of perceived problematic plant compounds. *Nutrients*, v. 12, n. 10, 2929, 2020. doi: <https://doi.org/10.3390/nu12102929>.
- PIYARATNE, M.; ATAPATTU, N.; MENDIS, A; AMARASINGHE, A. Effects of balancing rice bran based diets for up to four amino acids on growth performance of broilers. *Tropical Agricultural Research and Extension*, v. 12, n. 2, p.57–61, 2011. doi: <http://doi.org/10.4038/tare.v12i2.2790>.

- PRIETO, M. A.; LÓPEZ, C. J.; SIMAL-GANDARA, J. Chapter Six - Glucosinolates: Molecular structure, breakdown, genetic, bioavailability, properties and healthy and adverse effects. *Advances in Food and Nutrition Research*, v. 90, p. 305-350, 2019. doi: <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2019.02.008>.
- QUEIROZ, E. de R.; ABREU, C. M. P. de; ROCHA, D. A.; SIMÃO, A. A.; BASTOS, V. A. A.; BOTELHO, L. N. S.; BRAGA, M. A. Anti-nutritional compounds in fresh and dried lychee fractions (*Litchi chinensis* Sonn.). *African Journal Agricultural Research*, v. 10, n. 6, p. 499-504, 2015. doi: <https://doi.org/10.5897/AJAR2014.8750>.
- RAHATE, K. A.; MADHUMITA, M.; PRABHAKAR, P. K. Nutritional composition, anti-nutritional factors, pretreatments-cum-processing impact and food formulation potential of faba bean (*Vicia faba* L.): A comprehensive review. *LWT – Food and Science Technology*, v. 138, 110796, 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110796>.
- RATHOD, R. P.; ANNAPURE, U. S. Effect of extrusion process on antinutritional factors and protein and starch digestibility of lentil splits. *LWT – Food Science and Technology*, v. 66, 114–123, 2016. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.028>.
- RAVINDRAN, R.; JAISWAL, A. K. Wholesomeness and safety aspects of irradiated foods. *Food Chemistry*, v. 285, pp. 363-368, 2019. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.02.002>.
- REDONDO, D.; VENTURINI, M. E.; ORIA, R.; ARIAS, E. Inhibitory effect of microwaved thinned nectarine extracts on polyphenol oxidase activity. *Food Chemistry*, v. 197, p. 603-610, 2016. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.009>.
- REDOVNIKOVIC, I. R.; GLIVETIC, T.; DELONGA, K.; VORKAPIC-FURAC, J. Glucosinolates and their potential role in plant. *Periodicum biologorum*, v. 110, n. 4, p. 297-309, 2008. Disponível em: <<https://hrcak.srce.hr/35929>>.
- SAHU, P.; TRIPATHY, B.; ROUT, S. Significance of anti-nutritional compounds in vegetable. In: PAWAR, N. B. (ed). *Agriculture and Rural Development: Spatial Issues, Challenges and Approaches*, p. 98-109. Pune: Amitsons Digital Copier, 2020. Disponível em: <<http://jkpublications.com/wp-content/uploads/2020/08/1.-Dr.-N-B-Pawar-Sir-2.pdf>>.
- SAMTIYA, M.; ALUKO, R. E.; DHEWA, T. Plant food anti-nutritional factors and their reduction strategies: an overview. *Food Production, Processing and Nutrition*, v. 2, n. 6, 2021. doi: <https://doi.org/10.1186/s43014-020-0020-5>.
- SANTOS, C. D. Avaliação das melhores condições de secagem de grãos de soja visando à manutenção do teor de proteínas. 2013. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Acesso em: 02.08.22. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/79833>>.
- SANTOS, C. M. Caracterização e utilização de subprodutos do mamão (*Carica papaya* L.). 2015. 150 f. Tese (Doutorado em Agroquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015. Acesso em: 02.08.22. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/10284>>.
- SANTOS, M. A. T. dos. Efeito do cozimento sobre alguns fatores antinutricionais em folhas de brócoli, couve-flor e couve. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 30, n. 2, p. 294-301, 2006. doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542006000200015>.
- SATO, V.S.; JORGE, J. A.; OLIVEIRA, W. P.; SOUZA, C. R. F.; GUIMARÃES, L. H. S. Phytase Production by *Rhizopus microsporus* var. *microsporus* Biofilm: Characterization of Enzymatic Activity After Spray Drying in Presence of Carbohydrates and Nonconventional Adjuvants. *Journal Microbiology and Biotechnology*, v. 24, p. 177-187, 2014. doi: <https://doi.org/10.4014/jmb.1308.08087>.
- SCHLEMMER, U.; FRÖLICH, W.; PRIETO, R. M.; GRASES, F. Phytate in foods and significance

for humans: food sources, intake, processing, bioavailability, protective role and analysis. *Molecular Nutrition & Food Research*, v. 53, n. 2, S330-75, 2009. doi: <https://doi.org/10.1002/mnfr.200900099>.

SEKIKAWA, A.; IHARA, M.; LOPEZ, O.; KAKUTA, C.; LOPRESTI, B.; HIGASHIYAMA, A.; AIZENSTEIN, H.; CHANG, Y. F.; MATHIS, C.; MIYAMOTO, Y.; KULLER, L.; CUI, C. Effect of s-equol and soy isoflavones on heart and brain. *Current Cardiology Reviews*, v. 15, n. 2, p. 114-135, 2019. doi: <https://doi.org/10.2174/1573403X15666181205104717>.

SHIMELIS, E. A.; RAKSHIT, S. K. Effect of processing on antinutrients and in vitro protein digestibility of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in East Africa. *Food Chemistry*, v. 103, n. 1, p. 161-172, 2007. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.005>.

SINGH, B.; SINGH, J. P.; SHEVKANI, K.; SINGH, N.; KAUR, A. Bioactive constituents in pulses and their health benefits. *Journal of Food Science and Technology*, v. 54, p. 858-870, 2017. doi: <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2391-9>.

SINGH, R. S. G.; NEGI, P. S.; RADHA, C. Phenolic composition, antioxidant and antimicrobial activities of free and bound phenolic extracts of *Moringa oleifera* seed flour. *Journal of Functional Foods*, v. 5, n. 4, p. 1883-1891, 2013. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.09.009>.

SINHA, K.; KHARE, V. Review on: Antinutritional factors in vegetable crops. *Pharma Innovation*, v. 12, n. 6, p. 353-358, 2017. Acesso em: 12.06.22. Disponível em: <<https://www.thepharmajournal.com/archives/?year=2017&vol=6&issue=12&ArticleId=1564>>.

SIROTKIN, A. V.; HARRATH, A. H. Phytoestrogens and their effects. *European journal of pharmacology*, v. 741, p. 230-236, 2014. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2014.07.057>.

SLYWITCH, E. Guia alimentar de dietas vegetarianas para adultos. São Paulo: Sociedade Vegetariana Brasileira, Departamento de Medicina e Nutrição, 2012.

SOCAS-RODRÍGUEZ, B.; HERNÁNDEZ-BORGES, J.; HERRERA-HERRERA, A. V.; RODRÍGUEZ-DELGADO, M. A. Multiresidue analysis of oestrogenic compounds in cow, goat, sheep and human milk using core-shell polydopamine coated magnetic nanoparticles as extraction sorbent in micro-dispersive solid-phase extraction followed by ultra-high-performance liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, v. 410, n. 7, p. 2031-2042, 2018. doi: <https://doi.org/10.1007/s00216-018-0882-4>.

SOUZA, C. G. DE; MOURA, A. K. B. DE; SILVA, J. N. P. DE; SOARES, K. O.; JOELMA VASCONCELOS CELESTINO DA SILVA, J. V. C. DA; VASCONCELOS, P. C. Fatores anti-nutricionais de importância na nutrição animal: Composição e função dos compostos secundários. *Pubvet*, v.13, n. 5, a327, p.1-19, 2019. doi: <https://doi.org/10.31533/pubvet.v13n5a327.1-19>.

STANGARLIN, J. R.; KUHN, O. J.; TOLEDO, M. V.; PORTZ, R. L.; F., K. R.; PASCHOLATI, S. F. A defesa vegetal contra fitopatógenos. *Scientia Agraria Paranaensis*, v. 10, n. 1, p.18-46, 2011. doi: <https://doi.org/10.18188/sap.v10i1.5268>.

TANWAR, A. K.; DHIMAN, N.; KUMAR, A.; JAITAK, V. Engagement of phytoestrogens in breast cancer suppression: Structural classification and mechanistic approach. *European Journal of Medicinal Chemistry*, v. 213, 113037, 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2020.113037>.

TOH, D. W. K.; KOH, E. S.; KIM, J. E. Incorporating healthy dietary changes in addition to an increase in fruit and vegetable intake further improves the status of cardiovascular disease risk factors: A systematic review, meta-regression, and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrition Reviews*, v. 78, n. 7, p. 532-545, 2020. doi:

<https://doi.org/10.1093/nutrit/nuz104>.

TOUMPANAKIS, A.; TURNBULL, T.; ALBA-BARBA, I. Effectiveness of plant-based diets in promoting well-being in the management of type 2 diabetes: a systematic review. *BMJ Open Diabetes Research and Care*, v. 6, e000534, 2018. doi: <https://drc.bmj.com/10.1136/bmjdr-2018-000534>.

THAKUR, D.; KUMAR, Y.; KUMAR, A.; SINGH, P. K. Applicability of Wireless Sensor Networks in Precision Agriculture: A Review. *Wireless Personal Communications*, v. 107, p. 471–512, 2019. doi: <https://doi.org/10.1007/s11277-019-06285-2>.

TRAN, E.; DALE H. F.; JENSEN. C.; LIED, G. A. Effects of plant-based diets on weight status: a systematic review. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, v. 13, p. 3433-3448, 2020. doi: <https://doi.org/10.2147/DMSO.S272802>.

VARITH, J.; DIJKANARUKKUL, P.; ACHARIYAVIRIYA, A.; ACHARIYAVIRIYA, S. Combined microwave-hot air drying of peeled longan. *Journal of Food Engineering*, v. 81, n. 2, p. 459-468, 2007. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.11.023>.

VEGA-GÁLVEZ, A.; MIRANDA, M.; VERGARA, J.; URIBE, E.; PUENTE, L.; MARTÍNEZ, E. A. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa willd.*), an ancient Andean grain: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 90, n. 15, p. 2541-2547, 2010. doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.4158>.

World Health Organization & Food and Agriculture Organization of the United Nations . Evaluation of certain food additives and contaminants: forty-fourth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Rome, Italy: World Health Organization, 1995. 54 p. Acesso em: 08.06.22. Disponível em: <<https://apps.who.int/iris/handle/10665/37246>>.

WU, H.; GU, J.; AMRIT, B. K.; NAWAZ, M. A.;

BARROW, C. J.; DUNSHEA, F. R.; SULERIA, H. A. R. Effect of processing on bioaccessibility and bioavailability of bioactive compounds in coffee beans. *Food Bioscience*, v. 46, 1011373, 2022. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101373>.

XU, B.; CHANG, S. K. C. Phenolic substance characterization and chemical and cell-based antioxidant activities of 11 lentils grown in the northern United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 58, n. 3, p. 1509-1517, 2010. doi: <https://doi.org/10.1021/jf903532y>.

YAGASAKI, K. Chapter 26 - Phytochemicals, Their Intestinal Metabolites, and Skeletal Muscle Function: Nutrition and Skeletal Muscle. Stéphane Walrand: Academic Press, 2019. p. 421-438. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-810422-4.00025-7>.

YOKOYAMA, Y.; LEVIN, S. M.; BARNARD, N. D. Association between plant-based diets and plasma lipids: a systematic review and meta-analysis. *Nutrition Reviews*, v. 75, n. 9, p. 683-698, 2017. doi: <https://doi.org/10.1093/nutrit/nux030>.

ZAMIN, L. L.; CIMAROSTI, H. I.; NASSIF, M. C.; SALBEGO, C. G. fitoestrógenos: moléculas de plantas trazendo benefícios para os seres humanos. *Infarma*, v. 16, n. 3-4, p. 75-78, 2004.

ZANG, J.; LI, D.; PIAO, X.; TANG, S. Effects of soybean agglutinin on body composition and organ weights in rats. *Archives of Animal Nutrition*, v. 60, n. 3, p. 245-253, 2006. doi: <https://doi.org/10.1080/17450390600679082>.

ZHANG, J.; SONG, G.; MEI, Y.; LI, R.; ZHANG, H.; LIU, Y. Present status on removal of raffinose family oligosaccharides – a review. *Czech Journal of Food Sciences*, v. 37, n. 3, p. 141–154, 2019. doi: <https://doi.org/10.17221/472/2016-CJFS>.

ZHONG, Y.; WANG, Z.; ZHAO, Y. Impact of Radio Frequency, Microwaving, and High Hydrostatic Pressure at Elevated Temperature on the Nutritional and Antinutritional Components in Black Soybeans.

Journal of Food Science, v. 80, n. 12, C2732-9, 2015.
doi: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13131>.

Recebido em 21-08-2023

Aceito em 28-09-2023: