

Capítulo 37
DOI: 10.53934/agronfy-2025-01-37

PROCESSOS DE INATIVAÇÃO DE FATORES ANTINUTRICIONAIS NAS *PULSES*: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Larissa Rebeca Chagas de Jesus *; Kaio Germano Sousa da Silva ; Thayanne
Torres Costa ; Jorge Minoru Hashimoto 

*Larissa Rebeca Chagas de Jesus – Email: larissarebecanutri@gmail.com

Resumo: As *pulses*, são reconhecidas pela FAO como superalimentos, devido ao seu alto teor de proteínas, vitaminas, minerais essenciais, carboidratos complexos e baixo teor de lipídios. O feijão é considerado como uma das principais *pulses* comercializadas no Brasil e no Mundo. Segundo dados da Embrapa, no ano de 2022, o Brasil produziu 3,07 milhões de toneladas (t) de feijões (comum + caupi). De acordo com a FAO, a produção mundial de todas as espécies de feijões comerciais de 52,8 milhões de t, representando 57,31% do total de *pulses* produzidas. No entanto, apesar de serem superalimentos, os grãos crus de *pulses* possuem fatores antinutricionais, como inibidores de protease (inibidores de tripsina, lectinas e fitatos), que interferem na absorção de nutrientes e na digestibilidade das proteínas, e dependendo da concentração, poderá ser prejudicial à saúde. Esses fatores antinutricionais deverão ser inativados através de processamentos adequados, pois impedem o máximo aproveitamento do potencial nutricional desses grãos, mas há um limite para as condições de processamento, que não deverão degradar em demasia alguns nutrientes, principalmente as vitaminas. Diante disso, elaborou-se uma revisão sistemática seguindo as diretrizes PRISMA, com artigos originais dos últimos dez anos, pesquisados nas bases de dados como Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), Web of Science e Scielo. Dois pesquisadores analisaram os títulos e resumos, com um terceiro sendo consultado em casos de discordância. Dos artigos inicialmente identificados, 6 foram selecionados para a análise final. Os estudos selecionados, foram avaliados quanto ao nível de evidência, demonstrando que os diversos métodos de tratamento térmico, são considerados mais eficazes na inativação dos fatores antinutricionais, quando submetidos a temperaturas acima de 100 °C. Entretanto, há uma necessidade de mais estudos aprofundados para confirmar essas informações e otimizar os processos de inativação sem comprometimento da qualidade nutricional.

Palavras-chaves: feijão, métodos de processamento, proteases, tripsina.

INTRODUÇÃO

As *pulses* são reconhecidas pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) como superalimentos, sendo uma importante fonte de proteína vegetal na dieta humana, contendo até o dobro e triplo do teor de proteínas do trigo e do arroz, respectivamente. Dentre as mais comuns e consumidas encontram-se o feijão, a ervilha e o grão de bico, no qual se destacam pelo seu valor nutricional, por serem ricas em carboidratos complexos, micronutrientes, proteínas e vitaminas do complexo B e minerais como folato,

ferro, cálcio, magnésio, zinco e potássio (1).

As *pulses* são um grupo selecto de espécies de leguminosas, cujos grãos são comestíveis, ricos em proteínas, fibras, vitaminas e uma variedade de compostos bioativos. Quando os grãos estão crus, possuem quantidades consideráveis de fatores antinutricionais em sua composição, que podem interferir na absorção de nutrientes essenciais e, consequentemente, na biodisponibilidade de proteínas e outros nutrientes, e dependendo da concentração, poderá ser prejudicial à saúde. Entre os principais fatores antinutricionais presentes, destacam-se os inibidores de tripsina, lectinas e fitato (2).

Os inibidores de tripsina são proteínas que agem especificamente inibindo a atividade da tripsina, uma enzima com ação digestiva responsável pela quebra de ligações peptídicas das proteínas durante a digestão. Esses inibidores podem reduzir a eficiência da digestão de proteínas, limitando a disponibilidade de aminoácidos para absorção pelo organismo (3).

Em relação às lectinas, que também são proteínas, as mesmas se ligam aos carboidratos na mucosa intestinal, interferindo na absorção de nutrientes e podendo levar a efeitos adversos, como inflamação intestinal. Já os fitatos, são compostos que podem se ligar a elementos minerais como ferro, cálcio, zinco e magnésio, reduzindo sua absorção pelo organismo (4).

Mediante a presença de fatores antinutricionais em grãos de *pulses* é necessário a utilização de processamentos de alimentos que possam ajudar a reduzir os efeitos dos fatores antinutricionais. Nesse contexto, um método simples e eficaz é o cozimento, uma vez que o calor pode desnaturar as proteínas, quebrar as ligações entre os fitatos e os minerais e aumentar a biodisponibilidade (5). Processos como a fermentação e a germinação também podem ajudar a reduzir os níveis de fatores antinutricionais, através da ação de enzimas endógenas e microbianas (6).

Diante disso, esta revisão sistemática teve como objetivo investigar criticamente os diferentes métodos e técnicas utilizados para inibir ou reduzir a atividade desses fatores durante o processamento de alimentos. Ao identificar estratégias eficazes para mitigar os efeitos dos fatores antinutricionais nas *pulses*, esta revisão visa fornecer *insights* valiosos para promover práticas alimentares mais saudáveis com maior aproveitamento dos nutrientes advindos do feijão.

METODOLOGIA

Foi realizada uma pesquisa por artigos de caráter original que abordassem acerca da temática, problemas e objetivos propostos. A busca foi feita de acordo com as recomendações preconizadas pelas diretrizes PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses), com base nos descritores (“antinutritional factors” [MeSh Terms], (“pulses” [MeSh Terms] AND (“inhibitors” [MeSh Terms], submetido e aprovado a plataforma POSPERO sob o nº de CRD42024500163, utilizou – se o filtro de ano de publicação dos últimos 10 anos.

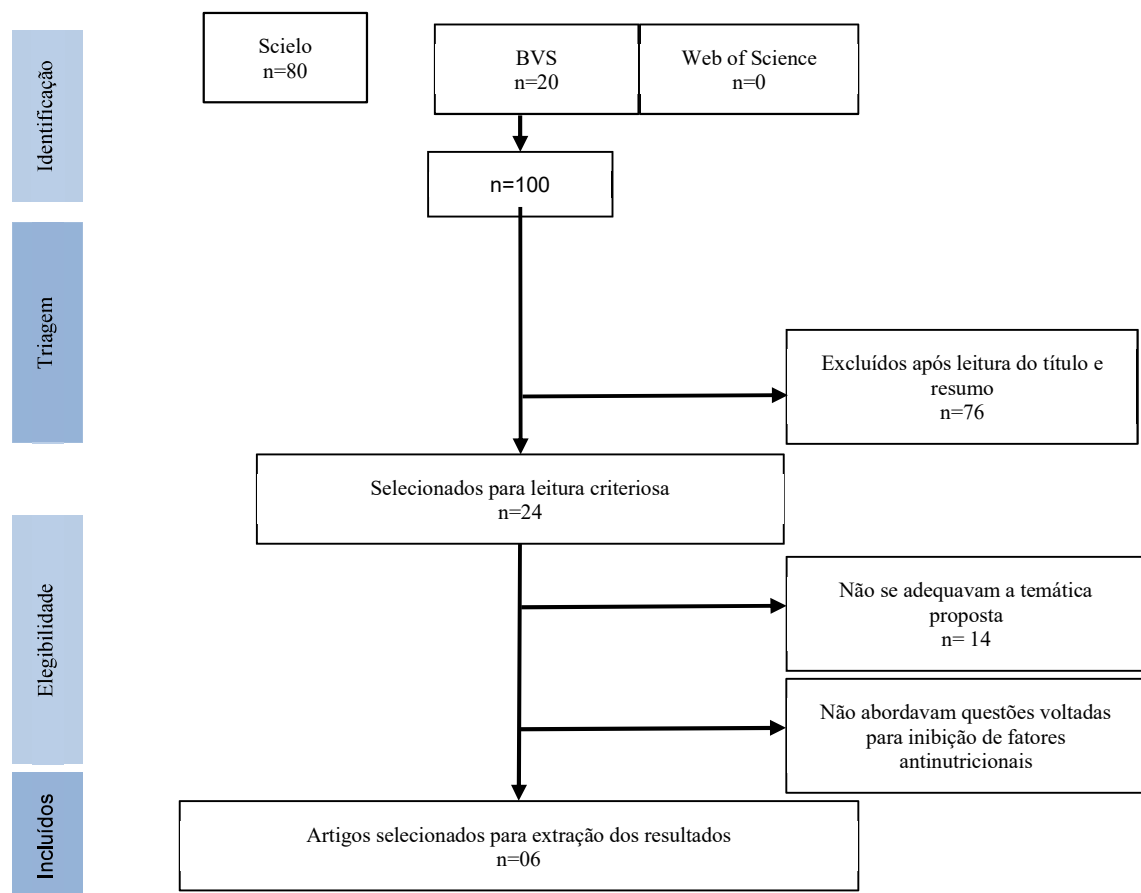
A pesquisa foi realizada nos meses de abril e maio de 2024, sendo seu objetivo reunir e analisar os estudos de forma crítica e sistemática sobre o tema proposto. Foram identificados artigos originais indexados nas bases de dados Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), Web of Science pelo acesso CAFE e Scielo, com adição do filtro de ano de publicação ou idioma (inglês e português).

Todo o processo de análise dos títulos e resumos dos artigos encontrados nas bases de dados consultadas foram executadas por 02 pesquisadores, sendo um terceiro consultado

diante de alguma discordância com relação aos artigos selecionados, sendo essa avaliação feita levando em consideração os critérios de inclusão e exclusão.

Com relação aos critérios de exclusão, foram estabelecidos os seguintes parâmetros: artigos que não fossem condizentes com a temática proposta; artigos incompletos e os que não abordassem questões voltadas para os inibidores dos fatores antinutricionais em feijões.

Figura 1: Fluxograma de busca e seleção de estudos.



Fonte: Autores (2024).

De um total de 100 artigos originais identificados, 94 publicações não obedeciam aos critérios de inclusão, sendo então selecionados apenas 6 artigos para análise final. Desses 6 artigos que se enquadravam para discussão da revisão, 2 eram da Scielo e 4 da BVS, vale ressaltar na Web of Science não foram encontrados estudos sobre o tema. O desfecho primário de interesse foram os estudos que abordassem a inibição de substâncias que mesmo em estado vestigial, impedisse a utilização de um elemento nutritivo.

RESULTADOS

Quanto à qualidade dos estudos, os artigos foram classificados quanto ao seu nível de evidência, onde nível 1, metanálise de múltiplos estudos controlados; nível 2, estudo individual com delineamento experimental; nível 3, estudo com delineamento quase-experimental como estudo sem randomização com grupo único pré e pós-teste, séries temporais ou caso-controle; nível 4, estudo com delineamento não-experimental como pesquisa descritiva correlacional e qualitativa ou estudos de caso (7). Está apresentada na Tabela 1, os 6 estudos e suas abordagens estruturais.

Tabela 1. Estruturação da discussão dos artigos selecionados e sua dinamização.

Título / Tipo de Estudo / Nível	Autores	Objetivo	Resultados
Perfil molecular, pureza e presença de inibidores de tripsina em isolados de proteína de feijão-caupi. Estudo experimental (Nível 2)	Frota et al. (1)	Investigar o efeito do aquecimento na produção de isolados proteicos de feijão-caupi.	Determinou-se o teor proteico da FI (Farinha Integral de feijão-caupi) e dos isolados pelo método de micro-Kjeldahl. Obtiveram em unidade inibitória de tripsina (UIT)/mg de proteínas: FI 32,5±0,5; IPCA (precipitação isoeletrica com aquecimento) 12,7±0,5; IPSA (precipitação isoeletrica sem aquecimento) 8,3±0,2, mas o aquecimento reduziu o rendimento e a pureza da proteína nos isolados quando submetidos a temperatura de 80 °C a 5 min.
Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum. Estudo experimental (Nível 2)	Ramirez-Cárdenas et al. (16)	Avaliar o efeito do processamento doméstico de 5 cultivares de feijão comum, quanto ao teor de nutrientes e fatores antinutricionais em grãos crus, cozidos sem etapa de maceração, cozidos incluindo a água de maceração de 15 h, e substituindo a água de maceração por de torneira.	Observaram que houve a redução do teor de taninos de 64 a 83%, e de fitatos (hexa+pentafofato de inositol) de 8,68 a 20% entre os diferentes processos de maceração seguido do cozimento em panela de pressão (40 min). Os diferentes tipos de maceração foram: cozimento em panela de pressão durante 40 min a partir do início da saída de vapor pela válvula de pressão provocaram um aumento no teor de fibras alimentares insolúvel de 16,61 a 20,40% (b.s) para 20,68 a 24,45% (b.s) e redução de fibra solúvel de 3,29 a 6,29% (b.s) para 2,08 a 4,54 % (b.s), em relação a cultivares cruas.
Purificação, docking molecular e análises <i>in vivo</i> de novos peptídeos inibidores da enzima conversora de angiotensina (ECA-I) a partir de hidrolisado proteico de sementes de feijão-traça (<i>Vigna aconitifolia</i> (Jacq.) <i>Maréchal</i>). <i>In vitro</i> (Nível 1)	Bhadkari et al. (19)	Extrair e caracterizar peptídeos inibidores naturais da ECA-I obtidos de hidrolisados de proteínas de sementes de feijão-traça.	As enzimas tripsina e quimiotripsina apresentaram menor grau de hidrólise (DH), 39,40 ± 0,12 % e 48,12 ± 0,70 %, respectivamente, para um período de reação por 30 min a pH 8 e a 37 °C, muito inferior a alcalase (82,36 ± 1,81 %, pH 7,9, 55 °C) e flavorzima (66,22 ± 1,96 %, pH 7,0, 55 °C), e próximos da papaína (53,62 ± 2,93 %, pH 7,0, 37 °C), pepsina (43,67 ± 0,18 %, pH 2,5, 37 °C). Mas o propósito dos autores foi obter alta DH, então utilizaram a alcalase para obter os peptídeos e identificaram 4 que inibem a ECA-I que após inibição atuam regulando a pressão arterial.
Visão geral da base estrutural do modo inibitório duplo do inibidor de serina protease do feijão-de-lima (<i>Phaseolus lunatus</i>). <i>In vitro</i> (Nível 1)	Ahmad et al. (10)	Investigar o modo de inibição de tripsina do inibidor de tripsina de feijão-Lima (LBTI) (<i>Phaseolus lunatus</i> L.) aplicando a cristalografia de proteínas para	O LBTI é um inibidor de protease do tipo Bowman-Birk, é uma molécula maior (9,0 kDa) em relação aos inibidores do tipo Kunitz (1 domínio de inibição), possui 2 domínios de inibição de tripsina e quimiotripsina independentes, 7 ligações dissulfeto e devido à alta termoestabilidade, é amplamente utilizado em vários estudos bioquímicos. Os autores apresentaram a estrutura cristalina do LBTI em complexo ternário com 2

		identificar e verificar os locais e tipos de ligações entre os sítios ativos da tripsina e LBTI.	moléculas de tripsina através da cristalografia de proteínas, mostrando os 2 sítios de ligação interagindo através de ligações de hidrogênio intermoleculares não covalentes entre LBTI e 2 moléculas de tripsina, e entre as moléculas de tripsina que estabilizam a estrutura ternária, havendo também ligações entre 2 cadeias de enzimas por pontes de hidrogênio. O LBTI possui resíduos hidrofílicos e hidrofóbicos ativos para 2 tipos de serina proteases. As informações apresentadas auxiliam a compreender o potencial inibitório do LBTI por meio de interações moleculares específicas do complexo inibidor-tripsina e subsidiam o potencial uso do LBTI e desenvolvimento de inibidores de serina proteases para aplicações terapêuticas.
O tratamento físico reduz a atividade do inibidor de tripsina e modifica a composição química do feijão marama (<i>Tylosema esculentum</i>). Estudo experimental (Nível 2)	Alabi et al. (12)	Investigar os efeitos de tratamentos físicos sobre os componentes químicos e a atividade inibidora de tripsina em grãos de feijão e soja.	Quase todos os tratamentos apresentaram redução na atividade inibitória de tripsina (AIT), representada em Unidades Inibitórias de tripsina (UIT) / g em relação aos grãos crus, sendo que no feijão-marama cru o valor foi 4 vezes maior (245,25) do que nos grãos crus de soja (66,98); APENAS na embebição por 24 h a 22-25 °C: houve ELEVAÇÃO para 271,98 no feijão-marama e reduziu para 54,04 na soja; no cozimento a 100 °C houve redução progressiva da UIT / g com aumento do tempo de 10, 20 e 30 min, sendo 47,08; 18,22, 9,12 no feijão-marama, e de 11,52; 5,21, 2,49 na soja, alcançando 96% de redução da AIT no cozimento por 30 min em ambas as espécies. Na autoclavagem a 110 °C também houve redução progressiva com aumento do tempo de 5, 15 e 30 min: 8,85; 7,32; 5,40 no feijão-marama, e de 3,69; 3,09; 2,49 na soja; com prévia embebição 24 h antes da autoclavagem a 110 °C por 5, 15 e 30 min, os valores da UIT / g foram um pouco menores: 6,56, 4,23, 3,00 no feijão-marama, e de 1,89, 1,89, 1,51 na soja. Na autoclavagem a 121 °C por 5, 15 e 30 min, também obtiveram uma redução progressiva nos valores da UIT / g: 7,73, 5,76, 5,05 no feijão-marama, e de 3,38, 2,69, 2,19 na soja; com prévia embebição de 24 h antes da autoclavagem a 121 °C por 5, 15 e 30 min, os valores da UIT / g foram mais baixos: 3,26, 4,22, 2,66 no feijão-marama, e de 1,91, 2,12, 1,60 na soja. Os menores valores de AIT foram obtidos na autoclavagem a 121 °C/30 min, com ou sem pré-imersão de 30 min, reduzindo 98 e 99% da AIT em feijão-marama e soja, respectivamente.
Investigação da qualidade nutricional de farinhas de fava canadense crua e processada (<i>Vicia faba</i> L.) em comparação com ervilha e soja usando um modelo de digestão gastrointestinal humana in vitro Estudo experimental (Nível 2)	Martineu-Côté et al. (14)	Avaliar a qualidade nutricional de três farinhas de grãos descorticadas (FD) de cultivares canadenses de fava (Fabelle, Malik e Snowbird) e FD de ervilha e soja, todas cruas e após cozida: dispersão a 10% p/v em água sob agitação a 20 °C/1h, seguida de aquecimento em banho maria a 90	Observaram diferenças significativas nos teores proteicos (% b.s.) das FD cruas e cozidas apenas para a cultivar Fabelle (28,7 e 27,4, respectivamente), sem diferenças na Malik (29,9 e 29,5, respectivamente) e Snowbird (32,5 e 32,2, respectivamente). O cozimento não afetou os teores de fenólicos totais entre FD cruas e cozidas de feijão fava e ervilha, mas na FD de soja ocorreu um aumento após o cozimento. A Atividade Inibitória da Tripsina (AIT) diminuiu consideravelmente ($p < 0,05$), nas FD cruas de fava variaram de 0,84 a 1,08 e nas FD cozidas de 0,25 a 0,28 AIT mg / g de farinha, na FD crua de ervilha foi de 0,71 e na cozida 0,49 AIT mg / g de farinha, e na FD de soja crua foi de 15,4 e na cozida 2,15

		°C/20 min, seguido do congelamento a -40 °C/24 h e liofilização.	AIT mg / g de farinha. Não houve variação no teor de ácido fítico entre as FD cruas e cozidas.
--	--	--	--

Fonte: Autor, 2024

DISCUSSÃO

Segundo o sistema de avaliação de estudos por níveis de evidência delineado por Melnyk (5) os níveis 1, 2 e 3 são de maior relevância, logo esse método leva em consideração toda a parte metodológica empregada e a fonte de publicação do estudo. Consequentemente, esta revisão sistemática é destacada pela sua robustez científica, uma vez que os artigos examinados estão distribuídos entre os dois níveis primordiais de evidência.

O levantamento realizado dos últimos 10 anos revelou a escassez de pesquisas abordando processos tecnológicos de inibição dos fatores antinutricionais em feijões. Em sua maioria, os estudos concentram-se em abordagens experimentais, utilizando diversas espécies de feijões e cultivares de feijões, de maneira integral ou de seus compostos derivados.

Apesar da escassez de trabalho na área, pode ser observado nos estudos encontrados nessa revisão que dentre os principais métodos de inativação dos fatores antinutricionais, os testes térmicos são mais eficazes, quando comparados aos em testes com o isolamento do fator inibitório, feito por meio de teste *in vitro*.

Os inibidores das proteases são proteínas de ampla distribuição no reino vegetal e que são capazes de inibir as enzimas (carboxipeptidase, tripsina, quimiotripsina e amilase). A capacidade de inibição depende do grau de estabilidade térmica dos inibidores de proteases, que é influenciado pelo seu peso molecular e do grau de estabilização da conformação ativa por pontes de dissulfeto. Poderá haver riscos à saúde advindos do desconhecimento dos níveis de tolerância, do grau de variação da sensibilidade individual e da influência de fatores ambientais sobre a capacidade de detoxificação dos organismo humano (8).

As proteases se classificam em dois tipos de enzimas: endopeptidases e as exopeptidases, formadas através da quebra de uma enzima peptídica, por meio da adição de uma molécula de água e exercem papel de catalizadores de proteínas que atuam em diversas funções no organismo. Os mecanismos de inibição das proteases podem se classificadas como reversíveis ou irreversíveis. Por serem responsáveis pelo surgimento de efeitos deletérios à saúde, é de grande importância o conhecimento das etapas de inativação dos inibidores de proteases, sendo encontrados em grande parte dos vegetais e são agrupados de acordo com o mecanismo de reação de cada inibidor (9).

Perante abordagem feita acima em relação as proteases, o estudo desenvolvido por Ahmad *et al.* (10) avaliaram a atividade inibitória do inibidor de tripsina de feijão-Lima (LBTI), um inibidor de serina protease bifuncional do tipo Bowman-Birk, que tem dois sítios

inibitórios independentes, ambos os sítios capazes de inibir a tripsina, no entanto, apenas o loop hidrofóbico é específico para inibir a quimiotripsina (11).

Em relação aos achados no estudo de Frota *et al.* (1) utilizaram em seus experimentos a precipitação isoelétrica da proteína em espécies de feijão-caupi em temperatura ambiente e outro a 80 °C/ 5 min. No estudo desenvolvido por Alabi *et al.* (12), utilizaram o método de imersão por 24 h a temperatura de 22-25 °C e diferentes condições de tratamento térmico com o feijão marama, a fim de diminuir atividades inibitórias de tripsina. Além dos feijões, existem outras *pulses* que possuem alto teor de fatores antinutricionais, dentre eles podemos citar a fava, altamente rica em proteínas e com diversas biofuncionalidades. Martineu- Côté *et al.* (14) buscaram investigar os efeitos das farinhas descorticadas (FD) de fava em relação às FD de soja desengordurada e de ervilha que utilizaram o mesmo tratamento aquecimento em banho-maria (90 °C/20 min), congelamento a -40 °C e liofilização, para as 5 farinhas, tiveram como objetivo de pesquisa verificar a digestibilidade desse alimentos através de método enzimático *in vivo* e obtiveram como resultados que as farinhas de fava possuem boa digestibilidade, após utilização do tratamento proposto, em consonância com esse estudo, Rodríguez *et al.* (15) verificaram o teor de digestibilidade das farinhas de favas em relação a inativação de enzimas, utilizando o mesmo tratamento proposto.

Vários tipos de processos podem ser utilizados para inativar os fatores antinutricionais dos alimentos, dentre eles podemos citar: aquecimento, maceração, germinação e irradiação. Ramírez-Cárdesani *et al.* (16), avaliaram os teores antinutricionais em feijão comum cru e cozidos em panela de pressão por 40 min, após o início da saída do vapor pela válvula com e sem água de maceração, obtiveram uma redução dos taninos e fitatos em amostras cozidas em água de maceração, tais achados corroboram com os encontrados no estudo de Oliveira *et al.* (17) investigaram os efeitos da maceração em feijões após o processamento doméstico (cozimento dos grãos), observando uma redução dos taninos, fitatos e fatores de flatulência.

Após obter essas informações torna-se válido mencionar que os fatores antinutricionais são substâncias formadas naturalmente em cereais, leguminosas e que reduzem a biodisponibilidade de minerais e proteínas no organismo. E os taninos são compostos com alto peso molecular, derivados dos flavonóides que possuem em sua composição grupos hidroxilas fenólicos capazes de promover ligações cruzadas estáveis em proteínas que provocam interação hidrofóbica e formação do complexo tanino-proteína, que podem ser classificados em taninos condensados e hidrolizáveis (18).

Os fitatos possuem o poder de complexar minerais, reduzindo sua solubilidade ou interferindo na sua utilização a partir da formação do ácido fítico, ácido oxálico, glicosinolatos e gossipol. Os efeitos provocados por eles possuem ligação direta entre a dieta e proteínas alimentares, pois provocam inibição das ações digestivas importantes para o funcionamento do organismo (9).

A não inativação dos fatores antinutricionais, poderá ser prejudicial à saúde podendo provocar alterações metabólicas no pâncreas (hiperplasias, hipertrofias) hipersensibilidade intestinal, diarreias, hemorragias, feridas, queimaduras, problemas renais e urinários. Diante dessa informação o estudo desenvolvido por Bhadkaria *et al.* 2023 (19), buscaram isolar compostos com ação inibitória sobre a ECA-I (enzima conversora de angiotensina-I), que possui ação vasoconstritora, a fim de verificar quais peptídeos de feijão-traça atuam inibindo a ECA-I, obtiveram em seus resultados que 4 peptídeos são capazes de inativar a ECA-I, sendo de origem natural, podem ser utilizado com maior segurança ou sem riscos ao organismo humano para auxiliar no controle da pressão arterial sistêmica.

CONCLUSÃO

Diante das afirmações levantadas conclui-se que os tratamentos térmicos em temperaturas acima de 100° C, obtiveram inativação de 98% da AIT, podendo-se afirmar que processos térmicos de aquecimento mais severos, como em autoclaves são mais efetivos para reduzir a AIT. Entretanto, envolvem investimentos mais elevados para o processamento. Enquanto que métodos mais baratos como o cozimento a 100 °C / 30 min reduzem 96% da AIT.

Como baixas concentrações alguns fatores antinutricionais das *pulses* estão relacionadas com ações benéficas à saúde, é preciso avaliar se essas condições de processamento preservam a qualidade dos produtos e outros nutrientes, e se as quantias residuais de antinutrientes trarão efeitos benéficos à saúde.

São necessários mais estudos integrando a área de processamento de *pulses* com a área da nutrição clínica, para encontrar o limiar máximo e mínimo de residuais de antinutricionais que devem permanecer nos grãos de *pulses* ou produtos derivados para que se tenha uma ação benéfica visível ou significativa, associando assim questões de saúde e bem-estar com a sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

- Frota KMG, Lopes LAR, Silva ICV, Arêas JAG. Perfil molecular, pureza e atividade do inibidor de tripsina em isolados proteicos de feijão-caupi. *Revista Caatinga*. 2018; 31:202–208.
- Samy M; Aluko RE.; Dhewta T. Plant food anti-nutritional factors and their reduction strategies: an overview. *Food Production, Processing and Nutrition*. 2020;2:1-14.
- Sá AMG, Moreno YMF, Carciofi, BAM. Food processing for the improvement of plant proteins digestibility. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2020;60(20): 3367-3386.
- Da Silva EN, Farias AL, Oliveira WR, Rêgo E JL. Aspectos gerais das lectinas vegetais. *Latin American Journal of Development*. 2022; 4(6):1955-1964.
- Da Silva Carvalho LM. Aspectos gerais das lectinas vegetais. *Nutrivisa-Revista de Nutrição e Vigilância em Saúde*. 2023; 10(1):10227-10227.
- Higashijima N.S, Lucca A, Rebizz LRH, Rebizzi LMH. Fatores antinutricionais na alimentação humana. *Segurança Alimentar e Nutricional*. 2020;27:020013-020013.
- Melnyk SA. An empirical investigation of the metrics alignment process. *International Journal of Productivity and Performance Management*. 2015;54(5/6):312-324.
- Silva M.R., Silva M AAP. Fatores antinutricionais: inibidores de proteases e lectinas. *Revista de Nutrição*. 2000;13(1):3-9.

Barboza NC. Uma revisão bibliográfica dos fatores antinutricionais: taninos, inibidores de proteases e lectinas. Goiás. [Trabalho de conclusão de curso]: Instituto Federal de Goiás,-IFG; 2010.

Ahmad M S, Akbar Z, Choudhary MI. Insight into the structural basis of the dual inhibitory mode of Lima bean (*Phaseolus lunatus*) serine protease inhibitor. *Proteins*.2023;. 22-31.

Alabi F, Kiarie EG, Mnisi CM, Mlambo V. Physical treatment reduces trypsin inhibitor activity and modifies chemical composition of marama bean (*Tylosema esculentum*). 2022. *Molecules*; 27(14):4451-4451.

Genovese MI, Lajolo FM. Atividade inibitória de tripsina do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): avaliação crítica dos métodos de determinação. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 2001;51(4):386–394.

Martineau-Côté D, Achouria, Pitre M, Wanasundara J, Karboune S, L'hocine L. Investigation of the nutritional quality of raw and processed Canadian faba bean (*Vicia Faba* L.) flours in comparison to pea and soy using a human in vitro gastrointestinal digestion model. *Food Research International* (Ottawa, Ont.), v. 173, n. Pt 1, p. 113264, 1 nov.2023.

Rodríguez VA A, López-Hernández AB, Lomelí MLC, González-Martínez BE, Vázquez-Rodríguez JA. Nutritional quality of protein flours of fava bean (*Vicia faba* L.) and vitro digestibility and bioaccessibility. *Food Chemistry*:x.2022;14.

Ramírez-Cárdenas L; Leonel A J, Costa NMB. Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*.2008;28(1):200–213.

Oliveira AC, Queiroz KS, Helbig E, Reis SMPM, Carraro FO. Processamento doméstico do feijão-comum ocasionou uma redução nos fatores antinutricionais fitatos e taninos, no teor de amido e em fatores de flatulência rafinose, estaquiose e verbascose. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 2017.Caracas;51(3):276-283.

Oliveira, K. Métodos de redução e inativação dos fatores antinutricionais. [monografia]. Disponível em: <<https://feap.edu.br/wp-content/uploads/2016/11/Monografia.pdf>>. 2010.

Bhadkaria A, Narvekar DT, Nagar DP, Sah SP, Srivastava N, Bhagyawant SS. Purification, molecular docking and in vivo Analyses of novel angiotensin-converting enzyme inhibitory peptides from protein hydrolysate of moth bean (*Vigna aconitifolia* (Jacq.) Maréchal) seeds. *International Journal of Biologic Macromolecules*. 2023:230.