



Fatores antinutricionais na alimentação humana

Neide Setsuco Higashijima¹, Alessandra Lucca², Luana Rurico Higashijima Rebizzi³ e
Leila Mary Higashijima Rebizzi⁴

Fatores antinutricionais são compostos oriundos do metabolismo secundário das plantas, presentes numa extensa variedade de alimentos de origem vegetal. Este trabalho teve como objetivo pesquisar os diversos fatores antinutricionais, em especial o ácido cianídrico, o ácido fítico e o ácido oxálico, presentes nos alimentos do nosso dia a dia, as consequências quando há alta ingestão dos mesmos e os métodos de redução desses antinutrientes no preparo dos alimentos como remolho, germinação, cozimento, fatiagem, maceração, trituração, ralagem, fermentação, maltagem, moagem, secagem e torrefação. A metodologia utilizada foi revisão de literatura. A partir desta revisão, conclui-se que tanto o ácido cianídrico como o ácido fítico pode ser reduzido nos alimentos por meio de processos utilizados tanto na preparação doméstica como na industrial, e que a melhor forma de redução do ácido oxálico insolúvel é evitando ou minimizando o consumo de alimentos que o contém.

Palavras chave: Fatores antinutricionais, leguminosas, ácido fítico, fitato, ácido oxálico, oxalato, ácido cianídrico, mandioca, ruibarbo.

Antinutritional factors in human food

Antinutritional factors are compounds derived from the secondary plants' metabolism, present in an extensive variety of plant origin foods. The objective of this work was to investigate the different antinutritional factors, especially hydrocyanic acid, phytic acid and oxalic acid, present in our daily food, the consequences of high ingestion of this acids and the methods of reducing these antinutrients in the preparation of foods such as soaking, germination, cooking, slicing, maceration, grinding, grating, fermentation, malting, milling, drying and roasting. The methodology used was literature review. From this review, it is concluded that both hydrocyanic acid and phytic acid can be reduced in food by processes used in both domestic and industrial preparation and that the best way of reducing insoluble oxalic acid is by avoiding or minimizing the consumption of food containing it.

Keywords: Antinutritional factors, legumes, phytic acid, phytate, oxalic acid, oxalate, hydrocyanic acid, cassava, rhubarb.

¹Nutricionista pela Universidade Paulista e Pós-Graduada em Nutrição e Fitoterapia pelo Ganep/Feluma. Endereço para correspondência: Rua Apeninos nº 267 – Aclimação – São Paulo – SP – Brasil. CEP: 01533-000. Tel.: (11) 997527723. E-mail: neideset@yahoo.com.br

² Professora Doutora e docente titular da Universidade Paulista

³ Farmacêutica Bioquímica e pós-graduada pela Universidade de São Paulo

⁴ Educadora Física e pós-graduada pela Universidade de São Paulo

INTRODUÇÃO

Os alimentos de origem vegetal, além de apresentarem substâncias nutritivas essenciais para a saúde, podem também conter fatores antinutricionais, como o ácido cianídrico, ácido fítico, ácido oxálico, proteínas inibidoras de protease, taninos, nitritos, nitratos, entre outros. São assim denominados, por interferirem na absorção de nutrientes ou serem tóxicos, podendo acarretar danos à saúde quando ingeridos em grande quantidade^[1].

Fatores antinutricionais (FANs) são compostos oriundos do metabolismo secundário das plantas, presentes numa extensa variedade de alimentos de origem vegetal, que quando consumidos, reduzem o valor nutritivo desses alimentos, pois interferem na digestibilidade, absorção ou utilização de nutrientes^[1,2,3], e se ingeridos em grandes quantidades podem provocar efeitos fisiológicos adversos como reações tóxicas ou diminuir a biodisponibilidade de nutrientes^[4] como minerais e aminoácidos essenciais, além de poder causar irritações e lesões na mucosa gastrointestinal, interferindo assim na seletividade e eficiência dos processos biológicos^[1].

Esses compostos, FANs, quando consumidos em grande quantidade podem ser tóxicos e em casos extremos, letais. Em pequenas concentrações podem ser benéficos para a saúde como antioxidantes, protetores do sistema circulatório, redutores da pressão sanguínea, reguladores da glicemia e da colesterolemia, anticancerígenos, antimicrobianos, melhoradores da resposta imune, etc., e, portanto, são denominados “fatores nutricionalmente ativos” ou “compostos bioativos” por apresentarem também efeitos benéficos e eles são valorizados por seu uso farmacêutico^[4,5].

Alguns FANs são termolábeis, desaparecendo após cozimento adequado, outros são termoestáveis, podendo dissipar-se por dissolução em água^[4].

No caso das leguminosas, os FANs são sintetizados e acumulados durante a maturação da semente, para o processo germinativo ou como mecanismo de defesa da planta, pois atuam contra bactérias, vírus, fungos, insetos e animais. A concentração desses compostos difere dependendo da época da colheita, etapa de desenvolvimento da planta, tipo de solo e sua adubação^[5].

Um único alimento pode apresentar diversos FANs, como por exemplo, a semente de quinoa, onde os FANs identificados foram: saponinas, ácido fítico, taninos, nitratos, oxalatos e inibidores de tripsina. Essas substâncias encontram-se presentes em maior concentração nas camadas externas do grão^[3]. As sementes das leguminosas contêm inibidores de tripsina, fitatos, polifenóis (principalmente taninos nos feijões) e oligossacarídeos (rafinose e estaquiase)^[4].

No fruto da lichia, os FANs encontrados foram nitrato e inibidores de tripsina, de α -amilase e de lipase pancreática. Na lichia (*Litchi chinensis* Sonn) do cultivar Bengal de Nepomuceno (MG), foram avaliados os fatores antinutricionais citados acima, sendo que os teores de nitrato encontrados variaram de 51,98 a 351,81mg/ 100g (polpa fresca, semente fresca e seca, casca fresca e seca), sendo o teor de 51,98mg/ 100g referente à polpa fresca, e portanto viável para o consumo humano^[6].

Durante o processamento de alimentos, diferentes metodologias modernas (extrusão/cozção, micro-ondas, altas pressões, aquecimento por infravermelho (micronização) e campos elétricos) e tradicionais (descasque, cozção, torrefação, remolho, germinação e fermentação) são aplicados para reduzir ou eliminar os FANs^[5].

O remolho consiste na hidratação das sementes, até alcançar seu peso máximo. É um método de redução de alguns componentes solúveis em água como ácido fítico, oligossacarídeos, saponinas, inibidores de protease, oxalato solúvel e taninos, que passam para a água de remolho. O grau de eliminação de FANs depende da temperatura de remolho, do pH do meio, do tipo de leguminosa e das propriedades de solubilidade dos componentes. Em sementes de feijão-caupi, ervilha e feijão, o remolho durante 18 a 22 horas reduziu taninos (50-90%), oligossacarídeos (44%), ácido fítico (42-48%) e inibidores de tripsina (10-19%). O remolho em água de sementes de lentilha durante 9 horas em temperatura ambiente reduziu em 11% o ácido fítico^[5].

A germinação é a prática de imersão de sementes em água até germinar e começar a brotar. Esta prática é relatada como associada a melhorias no valor nutritivo das sementes. Ao mesmo tempo, existem indícios de que a germinação é efetiva na redução do ácido fítico e oligossacarídeos (estaquiase e

rafinose responsáveis pela flatulência), aumentando assim a digestibilidade das proteínas e melhorando as propriedades sensoriais. No caso de feijão branco, fava e grão-de-bico, a germinação melhorou a digestibilidade das proteínas, diminuindo os fatores antinutricionais^[7,8].

A fermentação de alimentos é um método microbiano e enzimático para o processamento de alimentos, para obter uma vida útil prolongada e redução de FANs. A fermentação láctica é o método preferido para a fermentação de cereais e leguminosas como milho, soja e sorgo^[9].

Em geral, a cocção produz a desnaturação das proteínas e sua difusão na fase líquida, inativa os

FANs sensíveis ao calor^[5]. De acordo com os resultados obtidos, a cocção pode ser um método recomendável para a redução de FANs em vegetais, visto que em estudos realizados com taninos e ácido fítico ocorreram reduções médias de 30% após 10 minutos de cozimento doméstico^[2].

Os fatores que reduzem a biodisponibilidade de cálcio são o ácido oxálico e o ácido fítico^[3,10,11,12].

O Quadro 1 sumariza os principais fatores antinutricionais, os alimentos que os contém e seus efeitos.

Quadro 1. Fatores antinutricionais, alimentos que os contém e seus efeitos

Fatores antinutricionais	Alimentos	Efeitos
Ácido cianídrico	Mandioca ^[1,13,14,15] ; folha da mandioca ^[1,16] ; tremoço ^[5] ; sorgo, linho, trevo branco, bambu, seringueira, sementes de ameixa e damasco ^[14,15] ; linhaça, grãos jovens de sorgo e sementes de pera, maçã, pêssego e cereja ^[1] .	É uma substância tóxica, e estima-se que o consumo de alimento contendo uma concentração entre 0,5 a 3,5mg de HCN por kg de peso corpóreo, possa levar o indivíduo à morte em poucos minutos ^[1] .
Ácido fítico	Feijão ^[3,9,10,11,12,17,18] ; lentilha e ervilha ^[3,9,10,11,12,19] ; proteína texturizada de soja, sementes, nozes e cereais integrais ^[3,10,11,12] ; quinoa, centeio e trigo ^[3,7,20] ; farelo integral de arroz ^[19] ; milho, farelo de aveia, arroz, sorgo, grão-de-bico, soja, sementes de gergelim, grão de amaranto, trigo sarraceno e amendoim ^[9,18] .	São quelantes de minerais como cálcio, ferro, magnésio, zinco, cobre e potássio, comprometendo a biodisponibilidade desses nutrientes ^[3,9,21] .
Ácido oxálico	Espinafre, ruibarbo, beterraba e acelga ^[1,3,10,11,12,22,23] ; carambola, folha de beterraba, nozes, cacau, feijão, batata doce e tomate ^[1,3,10,11,12] ; broto de bambu ^[22,23] ; oleaginosas, chá preto, amendoim, soja, concentrados de farelo e cereais ^[23] ; amêndoas, avelãs e pistache ^[24,25] ; trigo-mourisco, azedinha, amaranto e quinoa ^[3] .	Substância tóxica, sendo a dose letal 1.500mg ^[26] . Influencia na absorção de minerais como cálcio, magnésio, sódio, potássio, e desempenha papel-chave na hiperoxalúria, com formação de cálculos de oxalato de cálcio nos rins ^[3] .
Inibidores de protease	Ervilha, feijão, amendoim, arroz, soja, milho, batata, e feijão guandu ^[27] .	Inibem as enzimas que digerem proteínas. São capazes de inibir as atividades da tripsina, quimotripsina e carboxipeptidase ^[26] .
Nitrato/Nitrito	Quinoa e repolho ^[3] ; folhas de brócolis, couve e couve-flor ^[2] ; lichia ^[6] ; espinafre, alface, rabanete e beterraba ^[28] ; produtos cárneos, peixes e aves processados e defumados ^[26] .	Interfere no metabolismo da vitamina A e nas funções da glândula tireóide ^[1] . Tem elevado potencial carcinogênico, teratogênico e mutagênico ^[26] . O consumo excessivo de nitrato pode causar cianose decorrente da formação de metamioglobina e neoplasia a partir da formação de compostos N-nitrosos ^[6] .
Saponinas	Aveia, quinoa, pimentas, berinjela, semente de tomate, aspargos, inhame, feno-grego e ginseng ^[3] .	Podem formar complexos com ferro e zinco, reduzindo a sua absorção ^[3] . Influenciam na absorção de carboidratos, lipídios e proteínas e inibem a atividade de enzimas digestivas ^[29] .
Taninos	Vinhos tintos, chás, frutas verdes, feijão, uva, maçã, cacau, chocolate e quinoa ^[3] ; caqui, banana, ervilha e amaranto ^[1]	Podem reduzir a digestibilidade das proteínas e carboidratos, diminuir a atividade de enzimas digestivas, além de causar danos à mucosa do sistema digestório ou exercer efeitos tóxicos sistêmicos ^[1] . Limitam a biodisponibilidade dos minerais como o ferro e zinco ^[5] .

Devido a esses FANs estarem contidos nos alimentos consumidos no dia a dia, e o impacto que pode causar sobre a saúde, se faz bastante importante o conhecimento dos alimentos que os contém, assim como as formas de redução desses fatores. Assim, o objetivo da presente revisão é descrever os diversos FANs presentes nos alimentos consumidos no nosso dia a dia, suas consequências quando ingeridos em grande quantidade e os métodos empregados para a redução dos mesmos.

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão de literatura, realizada por meio de levantamento bibliográfico, mediante consulta às bases de dados *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO), Biblioteca Virtual em Saúde – BVS (LILACS), *US National Library of Medicine National Institutes of Health* (PubMed). Foram consultados artigos publicados no período de 2000 a 2017.

Para seleção foram utilizados os seguintes descritores: fatores antinutricionais, leguminosas, ácido fítico, fitato, ácido oxálico, oxalato, ácido cianídrico, mandioca, ruibarbo. A seleção de todos os artigos foi, numa fase inicial, efetuada por meio da leitura dos respectivos títulos e resumos (*abstracts*), recorrendo-se ainda à pesquisa das listagens de referências de estudos identificados. No total, 79 artigos foram encontrados e selecionados. Após triagem, 39 artigos e 1 livro reuniram os critérios considerados elegíveis para inclusão na análise: ter conteúdo especificamente relacionado ao tema fatores antinutricionais e sua ação no organismo, abordar os fatores antinutricionais a serem estudados (ácido cianídrico, ácido fítico e ácido oxálico), além de serem publicados em português, espanhol ou inglês. Após leitura e sumarização dos incluídos, a informação extraída foi reunida e compilada por meio de quadros, nas quais foram colocados os aspectos mais relevantes de cada um dos estudos.

RESULTADOS

Ácido Cianídrico (HCN)

Nas plantas o HCN se encontra ligado a carboidratos denominados glicosídeos cianogênicos, sendo liberado após a sua hidrólise. O HCN é detoxificado metabolicamente pela enzima rodanase,

que o transforma em tiocianato, substância atóxica. Além da detoxificação metabólica, o HCN pode ser detoxificado por meio de aquecimento, trituração, prensagem onde os glicosídeos cianogênicos são arrastados com a água, fermentação e desidratação^[15].

A capacidade de produzir ácido cianídrico é um fenômeno encontrado em aproximadamente 2.000 espécies de plantas. Os compostos cianogênicos podem funcionar como formas de transporte de nitrogênio reduzido ou de moléculas químicas na defesa contra herbívoros, insetos e moluscos. Muitas espécies vegetais como o sorgo, linho, ameixa, damasco, trevo branco, bambu, seringueira e mandioca, apresentam diferentes quantidades de cianeto^[14,15].

Algumas variedades de mandioca ou aipim ou macaxeira apresentam em sua composição, os glicosídeos cianogênicos linamarina e lotaustralina, que liberam o ácido cianídrico, composto extremamente tóxico, mas que é termolábil, assim pode ser inativado com o processamento térmico^[14].

A mandioca é a planta mais importante dentre as produtoras de cianeto. Em todos os seus tecidos, com exceção das sementes, há grande quantidade dos glicosídeos cianogênicos, ocorrendo diferenças consideráveis entre as variedades, sendo que nas folhas, ramos e casca da raiz tuberosa encontram-se níveis mais altos de glicosídeos cianogênicos do que na própria polpa da raiz. Essa concentração é maior nas folhas jovens do que nas adultas. O córtex de uma raiz de variedade mansa pode conter maior teor de cianeto do que na polpa de uma variedade brava. A quantidade de cianeto nessas raízes tuberosas difere de acordo com a variedade, podendo ser encontrados valores entre 22 e 1.000mg/kg de polpa fresca^[1,14].

Dentre os glicosídeos cianogênicos encontrados naturalmente nos alimentos vegetais, tem-se a amigdalina, encontrada nas sementes de frutos da família das Rosáceas (pera, maçã, pêsego, cereja); a linamarina e lotaustralina, encontrados na mandioca e linhaça e a durrina, encontrada nos grãos jovens de sorgo. A concentração dos glicosídeos cianogênicos varia nas diferentes espécies de plantas, e numa mesma espécie também pode variar dependendo do clima e outras condições que influenciam o crescimento da planta como adubação nitrogenada, falta de água e idade da planta, pois quanto mais nova e de

crescimento rápido, maior será o teor em glicosídeos cianogênicos^[1,15].

É importante ressaltar que a raiz tuberosa da mandioca com elevados teores de linamarina potencialmente hidrolisáveis a cianeto, pode apresentar elevado valor residual na elaboração da farinha de mandioca caso a destoxificação (degradação do HCN) não seja eficaz durante o processamento. No decorrer da produção da farinha de mandioca do grupo seca, a raiz de mandioca fresca e descascada apresentou teor inicial de $160 \pm 11,8$ mg HCN/ kg, confirmando a caracterização da raiz tuberosa como brava ou venenosa, por possuir teor de cianeto superior a 100mg HCN/kg^[13].

Plantas cianogênicas, como a mandioca, apresentam compostos cianogênicos e enzimas distribuídas em concentrações variáveis nas suas diferentes partes. Pela ruptura da estrutura celular da raiz tuberosa, as enzimas presentes (linamarase, β -glicosidase) degradam estes compostos, liberando o HCN, que é o princípio tóxico da mandioca e cuja ingestão ou mesmo inalação, representa sério perigo à saúde, podendo apresentar sintomas de intoxicação dependendo da quantidade e tipo de alimento ingerido, chegando ao envenenamento em casos extremos. Estima-se que o consumo de alimento contendo HCN, em uma concentração entre 0,5 a 3,5mg de HCN por kg de peso corpóreo, possa levar o indivíduo à morte em poucos minutos. Entretanto, o risco de intoxicação pode ser minimizado a partir da

utilização de processos de preparação como cozimento, fritura, trituração, secagem e torrefação, que reduzem o teor desse composto^[1,16].

Em 2004, foi detectado na multimistura produzida em Pelotas (RS), 85mg/kg de HCN no pó da folha de mandioca seca, sendo que foi encontrada em folha de mandioca fresca 800-1600mg/kg. A melhor forma de trabalhar a folha de mandioca, a fim de obter uma maior redução do teor de ácido cianídrico, é a técnica de amassar e rasgar as folhas antes de as colocar para secar. Isso faz com que a enzima linamarase (presente na própria folha, mas em compartimentos separados) entre em contato com os glicosídeos cianogênicos, linamarina e lotaustralina, decompondo-os a cianohidríns até ácido cianídrico. Por se tratar de um gás, o ácido cianídrico presente na folha facilmente se dissipa no ar, ocorrendo assim uma expressiva saída dessa substância tóxica da folha da mandioca^[1,16].

Várias leguminosas são tóxicas pelo seu conteúdo em glicosídeos cianogênicos, que por hidrólise liberam HCN. Este composto, presente nos feijões, está relacionado historicamente com casos de envenenamento, no entanto, as variedades atualmente consumidas (melhoramento genético) possuem conteúdo substancialmente inferior de HCN. Quando o feijão é deixado de molho e cozido em água, a hidrólise se produz rapidamente, liberando HCN, que se perde volatilizado^[4].

Quadro 2. Teor de ácido cianídrico (mg/kg) em mandioca

Mandioca	Ácido cianídrico (mg/kg) Média e desvio padrão
Raiz fresca e descascada (brava)	$160 \pm 11,8$
Raiz triturada	$149 \pm 12,3$
Raiz triturada e prensada	$68 \pm 2,5$
Farinha pronta	$5 \pm 0,2$
Raiz fresca para farinha d'água	$321 \pm 21,6$
24 horas de fermentação (farinha d'água)	$297 \pm 2,7$
96 horas de fermentação (farinha d'água)	$64 \pm 2,3$
Após prensagem da massa fermentada (24 horas)	$50 \pm 0,6$
Após prensagem da massa fermentada (96 horas)	$36 \pm 0,4$
Folha fresca*	800 - 1600
Folha seca em pó*	85

Fonte: Chisté *et al.*^[13]; Helbig *et al.*^[16]

Ácido Fítico ($C_6H_{18}O_{24}P_6$)

Os fitatos são derivados do ácido fítico ou ácido hexafosfórico mioinositol, um ácido orgânico utilizado pelas plantas para armazenamento de fósforo durante a maturidade da semente^[3], pois o fitato se acumula nas sementes durante o período de amadurecimento^[9], sendo que em sementes dormentes representa 60-90% do fosfato total^[18].

Os fitatos são componentes do pericarpo de grãos, que se encontram associados a proteínas e apresentam a propriedade de se ligarem a minerais^[4].

A estrutura única do ácido fítico oferece a capacidade de quelar fortemente cátions como cálcio, magnésio, zinco, cobre, ferro e potássio para formar sais insolúveis. O fitato funciona em uma ampla faixa de pH como um íon altamente carregado negativamente e, portanto, sua presença na dieta tem um impacto negativo sobre a biodisponibilidade de íons minerais divalentes e trivalentes, como o Zn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} e Cu^{2+} ^[9]. Portanto, o ácido fítico ao formar complexos resistentes à ação do trato intestinal, diminui a biodisponibilidade desses minerais^[1,21].

O ácido fítico é encontrado, principalmente, na casca da maioria dos cereais e leguminosas, em concentrações de 1 a 3% de matéria seca^[3]. Portanto, são encontrados nos feijões, lentilha, ervilha, proteína texturizada de soja, sementes, nozes e grãos integrais^[3,10,11,12].

Na alimentação humana, as dietas ricas em fibras de cereais, leguminosas e proteína de soja resultam numa alta ingestão de fitato. Este, por sua vez, tem um grande potencial para ligar-se de forma positiva a proteínas carregadas, aminoácidos, e/ou cátions multivalentes nos alimentos. Os complexos resultantes são insolúveis, difíceis para os seres humanos hidrolisarem durante a digestão, sendo assim são nutricionalmente menos disponíveis para absorção. Tem sido ainda demonstrado que o fitato pode afetar a digestibilidade do amido interagindo com a amilase^[30]. No caso do feijão, o ácido fítico se liga ao amido através do fosfato, reduzindo assim a digestibilidade do amido^[17].

Técnicas de processamento biológico como remolho, germinação, maltagem e fermentação,

reduzem o conteúdo de fitato, aumentando a atividade da fitase naturalmente presente nas plantas e em microorganismos, resultando na desfosforilação do fitato. A suplementação de fitase nas dietas resulta em aumento na absorção de minerais. Também é indicado em cozimentos, a adição de fitases exógenas estáveis ao calor, pois deve permanecer ativa, mesmo a alta temperatura e em uma ampla faixa de pH^[9].

Durante a estocagem, remolho, fermentação, germinação, processamento, cocção e digestão dos grãos e sementes, o fitato vai perdendo ligações fosfato transformando-se de um hexafosfato de inositol em pentafosfato (IP5), tetrafosfato (IP4), trifosfato (IP3) e possivelmente, inositol difosfato (IP2) e monofosfato (IP1), por ação de fitases endógenas do alimento. Somente o IP5 tem efeito negativo na biodisponibilidade de minerais, complexando o ferro e zinco, enquanto IP4 e IP3 não apresentam esta característica. Portanto, durante a cocção, o fitato vai perdendo ligações fosfato transformando-se de um hexafosfato de inositol, em penta, tetra ou trifosfato, perdendo, portanto, a sua capacidade inibitória^[1,16].

A desfosforilação do fitato é um pré-requisito para melhorar o valor nutricional, porque a remoção de grupos fosfato do anel inositol diminui a força de ligação mineral-fitato. Isso resulta em maior biodisponibilidade de minerais dietéticos essenciais. As fitases têm uma aplicação importante na nutrição humana tanto para a degradação do fitato durante o processamento dos alimentos quanto no trato gastrointestinal^[9].

Na quinoa, o ácido fítico não está presente apenas nas camadas externas, como no caso do trigo e do centeio, mas também está distribuído uniformemente no endosperma^[3,7,20].

O teor de fitato é mais elevado no farelo do que na farinha ou na casca e representa de 38-41% do total de fitato das sementes inteiras^[3].

Na culinária caseira, para reduzir o teor de ácido fítico dos alimentos, os feijões e cereais integrais devem ser deixados de remolho em água (à temperatura ambiente) durante 8 a 12 horas antes do cozimento, e cozer sem a água de remolho^[11]. Geralmente, cereais e leguminosas são encharcados em água durante a noite. O fitato é solúvel em água,

então uma quantidade considerável de fitato é removida para a água^[9].

Khattak *et al.*^[7] investigaram a influência do tempo de germinação e do tipo de iluminação em ácido fítico e polifenóis de grão-de-bico, sendo que com a iluminação utilizando a luz azul, observou-se uma diminuição significativa ($p < 0,01$) no teor de ácido fítico, enquanto que todas as outras iluminações não apresentaram esse efeito. O impacto da interação do tempo de germinação também foi altamente significativo.

Durante a germinação de cereais e leguminosas, o fitato é degradado pela fitase endógena. As sementes de plantas utilizam fitato como fonte de fosfato inorgânico durante a germinação e, portanto, tendem a aumentar a palatabilidade e o valor nutricional^[9].

O processo de fermentação natural do pão com o uso de fermento biológico, e não químico,

reduz o nível de ácido fítico do alimento^[11]. O teor de fitato em massas de pão fresco foi reduzido pela adição de fitase, com os benefícios nutricionais subsequentes que implicam na redução do teor de antinutrientes dos pães contendo fibras^[30].

Quanto à fibra, somente quando a fibra está associada com ácido fítico há a redução na absorção de ferro e zinco, conforme *Dietary Reference Intakes* da IOM de 2006^[31].

O farelo integral de arroz é rico em vitaminas, aminoácidos e ácidos graxos insaturados, no entanto, este farelo contém FANs, tais como o ácido fítico, inibidores de protease e ácido oxálico, o que limita a utilização na alimentação^[19].

A hidrólise do ácido fítico proveniente da dieta ocorre na mucosa do intestino, sendo um processo totalmente dependente das enzimas produzidas pela microbiota^[30].

Quadro 3. Teor de fitato por massa de matéria seca em alimentos

Alimentos	Fitato (mg/g)
Pão francês	0,2-0,4
Pão de farinha mista (70% de trigo, 30% de centeio)	0,4-1,1
Pão de farinha mista (70% de centeio, 30% de trigo)	0-0,4
Pão de centeio	1,9-4,3
Pão de trigo integral	3,2-7,3
Pão de trigo sem fermento	3,2-10,6
Pão de milho	4,3-8,2
Pão de milho sem fermento	12,2-19,3
Milho	9,8-21,3
Flocos de aveia	8,4-12,1
Arroz (polido, cozido)	1,2-3,7
Arroz (não polido, cozido)	12,7-21,6
Sorgo	5,9-11,8
Grão-de-bico (cozido)	2,9-11,7
Feijão caupi (cozido)	3,9-13,2
Feijão (cozido)	8,3-13,4
Feijão preto (cozido)	8,5-17,3
Feijão branco (cozido)	9,6-13,9
Feijão-de-lima (cozido)	4,1-12,7
Soja	9,2-16,7
Tofu	8,9-17,8
Lentilhas (cozidas)	2,1-10,1
Ervilhas (cozidas)	1,8-11,5
Amendoins	9,2-19,7
Sementes de gergelim (torradas)	39,3-57,2
Trigo sarraceno ou mourisco	9,2-16,2
Grão de amaranto	10,6-15,1

Fonte: Kumar *et al.*^[9]; Greiner e Konietzny^[18].

Ácido Oxálico (C₂H₂O₄)

O ácido oxálico ou oxalato é uma substância tóxica e representa risco importante para a saúde, e é abundante e frequentemente encontrado em diferentes tecidos vegetais, a exemplo do espinafre, ruibarbo, carambola, acelga, folha de beterraba, nozes, cacau, feijão, batata doce e tomate. Não pode ser metabolizado pelos humanos, sendo excretado na urina^[1,3,10,11,12].

A dose letal do ácido oxálico é de 1.500 mg, no entanto, seu teor na maioria das plantas comestíveis é muito baixo para apresentar um sério risco. Porém, temos como exemplo, o ruibarbo (alimento que causou a morte durante a Primeira Guerra Mundial, de pessoas que se alimentaram de suas folhas) e o cacau que contém 500 mg desse ácido em cada 100 g^[26].

A alta ingestão de oxalato na dieta influencia na absorção de minerais e desempenha papel-chave na hiperossalúria, fator de risco para a formação de cálculos de oxalato de cálcio nos rins, devido à capacidade do oxalato de formar complexos insolúveis^[3].

Segundo Scardelato *et al.*^[32], a urina em condições normais é supersaturada de oxalato de cálcio, e cerca de 75% de todos os cálculos renais são compostos, principalmente, de oxalato de cálcio^[1,3,25,26], e a hiperossalúria é um dos principais fatores de risco para essa doença, porque o oxalato urinário origina de uma combinação da absorção de oxalato da dieta com os sintetizados endogenamente^[1,3,25].

Numa mesma planta, diferentes partes podem ter diferentes níveis de oxalato por peso de tecido, como também há diferenças genéticas entre cultivares, de solo e condições de cultivo^[23]. Em brotos de bambu (*Phyllostachys pubescens*), o principal ácido orgânico foi o oxálico, variando de 462mg (superior) a 157mg (base) por 100g de peso fresco^[22] e, portanto, os brotos de bambu têm três vezes a concentração de oxalato em partes mais jovens contra as partes mais antigas. Em grãos integrais, o oxalato é concentrado na fração de farelo, de modo que no processamento de trigo para farinha refinada, cerca de um terço do oxalato é removido^[23].

Benevides *et al.*^[33] observaram que, após o tratamento térmico (branqueamento a 100°C/3min),

houve uma redução no teor de oxalato de 8,4% para o jiló, 17,4% para o maxixe, 22,3% para o feijão verde e 22,91% para o feijão guandu, quando comparados com as amostras *in natura*; e na conserva em salmoura ácida do feijão verde, foi verificada a redução de 95% no teor de oxalato, em 90 dias de armazenamento.

O ácido oxálico tem sido responsável por significativo número de efeitos prejudiciais ao homem, como a diminuição da biodisponibilidade de minerais, a irritação gastrointestinal, a contração muscular ou tetania acompanhada de outros sintomas nervosos, a diminuição na capacidade de coagular o sangue, possíveis lesões nos órgãos excretores, etc., devido a deposição de substância celular com grande concentração de oxalato de cálcio cristalino^[3,28].

Antes havia pouco interesse nos valores de oxalato alimentar, porque o paradigma dominante era que o oxalato dietético contribuía com apenas 10% da excreção diária de oxalato. Isso mudou em 2001, quando Holmes *et al.*^[34] mostraram que 24% a 53% de oxalato urinário é originário de oxalato dietético em ingestões de 10 a 250mg por dia. Seus resultados indicaram claramente que o oxalato dietético contribui muito mais para o oxalato urinário do que o reconhecido anteriormente. Holmes e Assinos^[35] revisaram a evidência de que a absorção e excreção de oxalato dietético pode ser um fator importante na formação de cálculos renais de oxalato de cálcio.

Os dados obtidos por Chai e Liebman^[25] indicaram que as oleaginosas possuem altos níveis de oxalato total, variando de 42 a 469mg/100g (equivalendo a cerca de 12 a 131mg/porção de 28g). Para pacientes com formação de cálculos renais, aconselha-se a restrição alimentar de oxalato, evitando os alimentos com teores mais altos como: espinafre, ruibarbo, beterraba (raiz tuberosa e folha), cacau, oleaginosas, chá preto (não verde ou à base de plantas), feijão, amendoim, soja, concentrados de farelo e cereais^[23]. Os valores de oxalato relatados por Hönow e Hesse^[24] para amêndoas [(383mg/100g), avelãs (167mg/100g) e pistache (57mg/100g)] foram semelhantes aos valores relatados na literatura^[25].

As espécies pertencentes às famílias *Polygonaceae* (trigo-mourisco, ruibarbo e azedinha), *Amaranthaceae* (amaranto) e *Chenopodiaceae* (beterraba, espinafre, acelga e quinoa) estão incluídas na maioria dos vegetais que apresentam excessivas concentrações

de oxalato. O oxalato se acumula, nessas famílias de plantas, em todos os tecidos vegetais, ou seja, nas folhas, caules, raízes, hipocótilo e sementes, sendo que o maior teor de oxalato foi encontrado nas folhas e caules^[3].

A restrição da ingestão de oxalato na dieta tem sido sugerida como um tratamento para prevenir a nefrolitíase recorrente em alguns pacientes. O oxalato está presente em tecidos vegetais como uma combinação de fontes solúveis (oxalato de sódio e de potássio) e insolúveis (oxalato de cálcio e de magnésio), sendo os oxalatos solúveis mais biodisponíveis. A elevada quantidade de oxalato na urina aumenta o risco da formação de cálculos de oxalato de cálcio nos rins, pois o oxalato de cálcio é pouco solúvel na urina^[1,2,3], podendo também causar irritações na mucosa intestinal^[1,3,26].

Quando os oxalatos dos alimentos são extraídos somente com água, o oxalato liberado é chamado oxalato solúvel. Os vegetais submetidos à fervura podem ser uma opção para reduzir o oxalato solúvel, se a água utilizada no cozimento não for consumida^[23].

O oxalato é absorvido no estômago e no intestino^[23,36]. Hatch e Frell^[36] relataram que um estudo comparou a excreção urinária de oxalato após uma carga de oxalato (espinafre) em adultos saudáveis em comparação com pacientes com gastrectomia total. A excreção urinária de oxalato nos indivíduos saudáveis atingiu o pico em 40 minutos e novamente 3 horas após a carga. No entanto, nos pacientes com gastrectomia, o primeiro pico estava ausente, indicando uma contribuição da mucosa gástrica para a absorção de oxalato ao longo do trato digestório.

Oitenta a 90% de uma carga oral de oxalato é excretada dentro de 8 a 11 horas, com a excreção de 95% a 100% em 24 horas. Isso é influenciado por três fatores principais: a quantidade e forma de oxalato nos alimentos consumidos, a quantidade de cálcio e magnésio nos alimentos e/ou na refeição que contém oxalato e a presença ou ausência de bactérias que degradam oxalato no intestino^[23].

O magnésio pode se ligar ao oxalato intraluminal e urinário e forma um sal mais solúvel

do que o oxalato de cálcio, mas semelhante ao cálcio que é considerado insolúvel^[36].

O consumo simultâneo de cálcio e/ou magnésio com oxalato reduz a absorção de oxalato, porque os sais insolúveis são formados no trato gastrointestinal. Liebman e Costa^[37] mostraram que o consumo de 300mg de cálcio ou magnésio com uma carga de 198mg de oxalato reduziu a absorção em cerca de 50%. Zimmermann *et al.*^[38] relataram que 240mg de magnésio consumido com 2,4mg de oxalato reduziu a absorção de oxalato de 8,6% para 5,2% em voluntários saudáveis^[23].

Vários microrganismos intestinais degradam o oxalato, incluindo *Eubacterium lentum*, *Enterococcus faecalis*, *Lactobacillus spp*, *Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium infantis* e *Oxalobacter formigenes*^[36]. O mais estudado é o *Oxalobacter formigenes*. A ausência ou baixos níveis de *Oxalobacter formigenes* foi relatado como associado a maiores níveis de excreção urinária de oxalato^[23,36]. Vários outros estudos também mostraram que os pacientes formadores de pedra que são *Oxalobacter*-negativos têm excreção de oxalato urinário significativamente maior em comparação com pacientes com *Oxalobacter*-positivos^[36].

Estudos mostraram que a absorção intestinal de oxalato é aumentada em formadores de pedra, bem como em pacientes com disfunção ileal e/ou esteatorréia^[36].

A ingestão total de cálcio deve ser dividida entre o maior número de ocasiões de comer possível. O cálcio irá se ligar ao oxalato no trato digestório, impedindo que ele seja absorvido. Os pacientes devem incluir cerca de 150mg de cálcio em cada refeição^[23].

Quadro 4. Teor de oxalato publicados (mg/100g) em alimentos

Alimento (100 g)	Descrição	Valores publicados (mg)
Espinafre	Cru	400 - 900
Ruibarbo	Cru ou cozido	260 - 1.235
Carambola	Cru	80 - 730
Beterraba	Folhas	121 - 916
Beterraba	Raiz	76 - 675
Cacau	Em pó	170 - 623
Trigo	Farelo	457
Broto de bambu*	Ponta do broto	462
Broto de bambu*	Base do broto	157

Fonte: Massey^[23]; *Kozukue *et al.*^[22].**Quadro 5.** Teor de oxalato (mg/100g) em oleaginosas, avaliadas pelos métodos de eletroforese enzimática e capilar (CE)

Alimento (100g)	Descrição	Teor de oxalato (mg) 2 métodos	Média (mg)
Amêndoa	Assada	491 e 447	469
Castanha de Caju	Torrado	263 e 260	262
Avelã	Crua	221 e 223	222
Pinoli	Crua	199 e 196	198
Amendoim	Assado	131 e 148	140
Nozes	Cruas	77 e 70	74
Noz Pecan	Crua	66 e 62	64
Pistache	Assado	51 e 46	49
Noz Macadâmia	Crua	43 e 40	42

Fonte: Chai e Liebman^[25].**Quadro 6.** Teor de oxalato (mg/100g) de vários tipos de leguminosas cozidas até chegarem a uma consistência suave, analisadas pelos métodos de eletroforese enzimática e capilar (CE)

Alimento (100g)	Descrição	Teor de oxalato (mg) 2 métodos	Média (mg)
Feijão anasazi	Grãos	85 e 75	80
Feijão branco	Grãos pequenos	77 e 78	78
Feijão rosa	Grãos	75 e 75	75
Feijão preto	Grãos	73 e 71	72
Soja	Grãos	57 e 55	56
Feijão vermelho	Grãos pequenos	36 e 33	35
Feijão vermelho	Grãos	19 e 13	16
Feijão Azuki	Grãos	26 e 23	25

Fonte: Chai e Liebman^[25].

Segundo Chai e Liebman^[25], as farinhas analisadas continham níveis relativamente altos de oxalato total, variando de 37 a 269mg/100g. Estes

resultados podem ser úteis para pacientes com cálculos renais, uma vez que existem poucos dados relatados sobre os níveis de oxalato em vários tipos de farinhas.

Quadro 7. Teor de oxalato em vários tipos de farinhas, avaliadas pelos métodos de eletroforese enzimática e capilar (CE)

Alimento (100g)	Teor de oxalato (mg) 2 métodos	Média (mg)
Trigo sarraceno	271 e 267	269
Soja	187 e 179	183
Trigo integral	68 e 66	67
Trigo refinado	41 e 38	40
Cevada	59 e 53	56
Milho	55 e 52	54
Centeio escuro	52 e 49	51
Semolina	48 e 48	48
Arroz integral	38 e 35	37

Fonte: Chai e Liebman^[25]**DISCUSSÃO**

O quadro abaixo sumariza os principais achados sobre os Fatores Antinutricionais, os métodos de redução desses fatores e as conclusões dos autores.

Quadro 8. Artigos pesquisados neste trabalho, os fatores antinutricionais abordados, métodos de redução e suas conclusões

Autor e Ano	Título	Objetivo	Fatores antinutricionais abordados	Métodos de redução dos fatores	Conclusão
Santos ^[2] 2006	Efeito do cozimento sobre alguns fatores antinutricionais em folhas de brócolis, de couve-flor e de couve.	Determinar os teores de polifenóis, nitrato e ácido oxálico em folhas de brócolis, couve-flor e couve submetidas à cocção por seis diferentes tempos (0, 2, 4, 6, 8 e 10 minutos).	Ácido oxálico, nitrato e nitrito, taninos.	Cortes e cocção em água fervente.	Todas as espécies apresentaram redução nos teores de fatores antinutricionais com o aumento do tempo de cozimento. Portanto para utilização dessas hortaliças, recomenda-se o cozimento prévio para diminuição dos teores de substâncias antinutricionais. Os teores presentes de ácido oxálico não são suficientes para influenciar a disponibilidade do cálcio no organismo.
Maradini Filho ^[9] 2014	Caracterização físico-química, nutricional e fatores antinutricionais de quinoa da variedade brasileira BRS PIABIRU.	Ampliar o conhecimento sobre esse “pseudocereal”, caracterizar suas propriedades físico-químicas e avaliar a qualidade nutricional e os fatores antinutricionais de quinoa da variedade BRS Piabiru, que foi desenvolvida e adaptada às condições do cerrado brasileiro, comparando-a com a variedade de quinoa Real importada do Peru.	Saponina, ácido fítico, tanino, nitrato e nitrito, ácido oxálico e inibidores de protease (tripsina).	Remolho, cozimento, fervura em água, lavagem em água corrente.	Os grãos de quinoa da variedade BRS Piabiru, considerada “doce”, apresentaram baixa concentração de ácido fítico, taninos e nitratos, não sendo detectada a presença de inibidores de tripsina. Também apresentou saponinas em seus grãos, diferentemente da variedade Real, necessitando de sua remoção para lhes conferir melhor gosto e melhor aceitação pelo consumidor. Os baixos teores desses compostos indicam que a farinha integral de quinoa da variedade brasileira pode ser consumida sem risco para a saúde quanto a esses fatores antinutricionais.
Fuentes ^[5] 2013	Cambios Bioquímicos en semillas de <i>Lupinus montanus</i> y <i>Lupinus exaltatus</i> asociados a tratamientos físicos, químicos y germinativos.	Avaliar o efeito de tratamentos hidrotérmicos e remolhos sobre a composição química e a concentração de alcaloides, fenóis totais, taninos totais e taninos condensados nas sementes de <i>L. montanus</i> e <i>L. exaltatus</i> (tremoços). Determinar a concentração dos fatores nutricionais e antinutricionais nas sementes antes e depois de 3 e 6 dias de um tratamento germinativo.	Saponinas, ácido cianídrico, ácido fítico, oligosacarídeos, taninos, inibidores de protease.	Remolho, cocção, germinação, fermentação, tratamento hidrotérmico, torrefação, fritura, extrusão, remoção da casca e melhoramento genético.	Os tratamentos físicos, químicos e biológicos aplicados, mostraram efeito significativo sobre o conteúdo nutricional e antinutricional das sementes de <i>L. montanus</i> e <i>L. exaltatus</i> . O tratamento hidrotérmico por 6 horas foi mais eficiente na eliminação de FANs, mas não o suficiente para o consumo humano. O tratamento germinativo por 6 dias, reduziu 33,5 e 35,4% no conteúdo de alcaloides totais, sem redução dos fatores nutricionais.

continua

Quadro 8. Artigos pesquisados neste trabalho, os fatores antinutricionais abordados, métodos de redução e suas conclusões (continuação)

Autor e Ano	Título	Objetivo	Fatores antinutricionais abordados	Métodos de redução dos fatores	Conclusão
Khattak <i>et al.</i> ^[7] 2007	Influence of germination on phytic acid and polyphenols content of chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.) sprouts.	Investigar o impacto do tempo de germinação e do tipo de iluminação sobre o conteúdo fenólico total e ácido fítico em brotos de grão de bico.	Ácido fítico, oligossacarídeos.	Remolho, germinação e iluminação.	O tempo de germinação até 48 horas com a iluminação da luz azul, observou-se uma diminuição significativa no teor de ácido fítico, enquanto que todas as outras iluminações não tiveram o mesmo efeito.
Chisté <i>et al.</i> ^[13] 2010	Quantificação de cianeto total nas etapas de processamento das farinhas de mandioca dos grupos seca e d'água.	Quantificar a concentração de cianeto total durante as etapas de produção da farinha de mandioca dos grupos seca e d'água.	Ácido cianídrico.	Trituração, prensagem (remoção do líquido), torrefação da massa prensada, exposição à temperatura elevada, fermentação.	O processamento da farinha de mandioca do grupo seca e d'água trata-se de um processo efetivo na destoxificação do cianeto na mandioca, uma vez que a concentração de HCN durante as etapas diminuiu drasticamente (~97%) em ambos os processos, garantindo a qualidade alimentar do produto final, sem risco a saúde do consumidor.
Helbig <i>et al.</i> ^[16] 2008	Análise dos teores de ácidos cianídrico e fítico em suplemento alimentar: multimistura.	Quantificar o teor de ácido cianídrico em folhas de mandioca, que receberam tratamento prévio antes da secagem, e a concentração de ácido fítico na multimistura submetida à cocção úmida.	Ácido fítico, ácido cianídrico, ácido oxálico.	Maceração, secagem das folhas, moagem, processamento térmico (cocção, fervura, torrefação), fermentação e germinação.	Verificou-se que a mudança na forma de secagem das folhas de mandioca foi eficiente para a redução de glicosídeos cianogênicos, e que o processo de torrefação dos ingredientes foi suficiente para produzir a redução de ácido fítico da multimistura aos níveis preconizados pela legislação, não sendo observadas diferenças estatisticamente significantes quando comparadas às amostras que também foram tratadas com calor úmido.
Chai e Liebman ^[25] 2005	Oxalate content of legumes, nuts, and grain-based flours.	Analisar os níveis urinários de oxalato, o oxalato de leguminosas, nozes e diferentes tipos de farinhas à base de grãos.	Oxalato.	Remolho e fervura em água destilada/deionizada até chegarem a uma consistência suave.	O oxalato total avaliado através dos métodos de eletroforese enzimática e capilar (CE) variou muito entre as leguminosas testadas, variando de 4 a 80mg/100g de peso cozido; nas nozes de 42 a 469mg/100g, e nas farinhas de 37 a 269mg/100g. Os dados gerais sugerem que a maioria das leguminosas, nozes e farinhas são fontes ricas em oxalato.
Santos ^[26] 2015	Caracterização e utilização de subprodutos do mamão (<i>Carica papaya</i> L.).	Caracterizar quimicamente a farinha da casca e semente de frutos obtidos de dois cultivares de mamão (Havai e Calimosa), em relação aos nutrientes, aos antinutrientes e à capacidade antioxidante, e elaborar pães de forma integrais adicionados dessas farinhas.	Inibidores de proteases, ácido fítico, ácido oxálico, nitratos e nitritos.	Processamento térmico e moagem.	As inibições de tripsina e os teores de antinutrientes encontrados neste estudo são baixos e não inviabilizam o uso das farinhas de casca e semente de mamão como fonte de nutrientes.
Lopes <i>et al.</i> ^[28] 2009	Aproveitamento, composição nutricional e antinutricional da farinha de quinoa (<i>Chenopodium Quinoa</i>).	Elaborar uma farinha de quinoa, caracterizar a sua composição nutricional e antinutricional, além de aproveitá-la na formulação de bolinhos fritos e avaliar sua aceitabilidade.	Ácido oxálico, inibidores de protease, ácido fítico, nitrato.	Trituração.	Os antinutrientes avaliados foram baixos, não apresentando, portanto, riscos à nutrição e à saúde humana. A farinha de quinoa constitui matéria-prima para a elaboração de bolinhos fritos, sendo bem aceitos pelos julgadores.
Almeida <i>et al.</i> ^[29] 2014	Caracterização química das hortaliças não convencionais conhecidas como <i>ora-pro-nobis</i> .	Realizar a caracterização química das hortaliças não convencionais conhecidas como <i>ora-pro-nobis</i> (<i>Pereskia aculeata</i> e <i>Pereskia grandifolia</i>).	Ácido oxálico, nitrato, saponinas, compostos fenólicos e inibidores de proteases.	Desidratação e trituração.	Conclui-se que as folhas destas cactáceas são importantes fontes de proteínas, fibras, minerais (principalmente o cálcio e o ferro) e de compostos bioativos. Mesmo sendo detectados antinutrientes nas farinhas, seu consumo diário não será suficiente para causar malefícios à saúde humana.
Benevides <i>et al.</i> ^[33] 2013	Efeito do processamento sobre os teores de oxalato e tanino em maxixe (<i>Cucumis anguria</i> L.), jiló (<i>Solanum gilo</i>), feijão verde (<i>Vigna unguiculata</i> L.) e feijão guandu (<i>Cajanus cajan</i> L.).	Avaliar o efeito do processamento térmico e do armazenamento em salmoura ácida, em função do tempo, nos teores de substâncias antinutricionais em hortaliças (maxixe e jiló) e leguminosas (feijão verde e feijão guandu) comercializadas em Salvador-BA.	Oxalatos e taninos.	Tratamento térmico (branqueamento), conserva em salmoura ácida.	O processamento térmico (branqueamento) e a conserva em salmoura ácida durante o armazenamento contribuiu efetivamente para redução dos teores de taninos e oxalatos nas amostras de maxixe, jiló, feijão caupi e feijão guandu. Os valores de taninos e oxalatos encontrados nesta pesquisa nas hortaliças e leguminosas não oferecem risco para o consumidor.

continua

Quadro 8. Artigos pesquisados neste trabalho, os fatores antinutricionais abordados, métodos de redução e suas conclusões (continuação)

Autor e Ano	Título	Objetivo	Fatores antinutricionais abordados	Métodos de redução dos fatores	Conclusão
Damiani <i>et al.</i> ^[39] 2013	Perfil de ácidos graxos e fatores antinutricionais de amêndoas de pequi crua e torrada.	Verificar a composição centesimal, o perfil de ácidos graxos e os fatores antinutricionais em amêndoas de pequi crua e torrada (a 270°C, por 15 minutos), oriundas do Estado de Goiás.	Fitato, tanino e inibidores de tripsina.	Torrefação e moagem.	Não foi verificada a presença de inibidores de tripsina nas amêndoas de pequi crua e torrada. Os teores de taninos (1,21% e 1,17%) e fitatos (2,64% e 1,86%) reduziram-se significativamente, após a torrefação, indicando certa instabilidade destes componentes, em relação ao calor.
Moraes <i>et al.</i> ^[40] 2010	Qualidade proteica e eficiência alimentar de farinhas integrais de linhaça obtidas de sementes cruas e submetidas a tratamento térmico.	Avaliar a digestibilidade, a qualidade proteica, a eficiência alimentar, a concentração de fibra alimentar e de fitoquímicos com ação antinutritiva em farinhas integrais de linhaça marrom crua e submetida a tratamento térmico.	Ácido fítico, tanino, ácido oxálico, saponina, glicosídeos cianogênicos, oligossacarídeos, inibidores de protease.	Tratamento térmico e trituração.	A farinha de linhaça crua e submetida a tratamento térmico, apresentou redução nos teores de ácido fítico (redução de 10% no teor de IP6 e de 80% do IP5), mas não interferiu na qualidade proteica da farinha de linhaça.

Conforme Fuentes^[5], os tratamentos físicos, químicos e biológicos aplicados mostraram efeito significativo sobre o conteúdo nutricional e antinutricional (ácido cianídrico, ácido fítico) das sementes de *Lupinus montanus* e *Lupinus exaltatus* (tremoços).

Segundo Chisté *et al.*^[13], o processamento da farinha de mandioca do grupo seca e d'água, é um processo efetivo na destoxificação do cianeto na mandioca, uma vez que a concentração de HCN durante as etapas diminuiu drasticamente (aproximadamente 97%), garantindo a qualidade alimentar do produto final, sem risco a saúde do consumidor.

Helbig *et al.*^[16] verificaram que a técnica de amassar e rasgar as folhas de mandioca antes de as colocar para secar foi eficiente para a redução de glicosídeos cianogênicos, e que o processo de torrefação dos ingredientes foi suficiente para a redução de ácido fítico na multimistura.

Conforme registrado por Chai e Liebman^[25], o oxalato total avaliado através dos métodos de eletroforese enzimática e capilar (CE) variou muito, sendo entre as leguminosas testadas, variando de 4 a 80mg/100g de peso cozido; nas nozes de 42 a 469mg/100g, e nas farinhas de 37 a 269mg/100g, e concluíram que vários são fontes ricas em oxalato.

Conforme Maradini Filho^[3], Santos^[26] e Lopes *et al.*^[28], os antinutrientes (ácido oxálico, ácido fítico)

avaliados na quinoa da variedade BRS Piabiru, nas farinhas de casca e semente de mamão e na farinha de quinoa respectivamente, foram baixos, portanto não apresentando riscos à nutrição e à saúde humana.

Observou-se, segundo Khattak *et al.*^[7], que no tempo de germinação em grão de bico até 48 horas, com a iluminação da luz azul, houve uma diminuição significativa no teor de ácido fítico, enquanto que todas as outras iluminações não tiveram o mesmo efeito.

Segundo Damiani *et al.*^[39] e Moraes *et al.*^[40], o tratamento térmico reduziu os teores de ácido fítico em estudos com amêndoas de pequi (2,64% para 1,86%) e farinha de linhaça (redução de 10% no teor de IP6 e de 80% do IP5).

A PANC *ora-pro-nobis* contém antinutrientes como o ácido oxálico na sua farinha obtida através da secagem e moagem das folhas, porém seu consumo diário não será suficiente para causar malefícios à saúde humana, segundo Almeida *et al.*^[29].

O processamento térmico (branqueamento) e a conserva em salmoura ácida durante o armazenamento contribuiu efetivamente para redução dos teores de oxalato em maxixe, jiló, feijão caupi e feijão guandu, não oferecendo risco para o consumidor, conforme registrado por Benevides *et al.*^[33].

Segundo Santos^[2], as folhas de brócolis, de couve-flor e de couve, quando submetidas à água destilada em ebulição e depois escorridas, os teores presentes de ácido oxálico não foram suficientes para influenciar na biodisponibilidade do cálcio no organismo.

CONCLUSÃO

Por meio desta revisão pode-se concluir que, dependendo da dose ingerida, o ácido cianídrico e o ácido oxálico, por serem substâncias tóxicas, podem chegar a ser letal, e que o ácido fítico pode reduzir a biodisponibilidade de minerais importantes para a nossa saúde.

Para reduzir o conteúdo de ácido cianídrico dos alimentos, deve-se fazer uso de processos de preparação como remolho, cocção, fatiagem, maceração, trituração, fermentação, secagem e torrefação, pois estima-se que o consumo de alimento contendo uma concentração entre 0,5 a 3,5 mg de HCN por kg de peso corpóreo, possa levar o indivíduo à morte em poucos minutos.

No caso do ácido fítico é importante que ocorra a desfosforilação, pois assim o fitato perderá a sua capacidade de formar complexos insolúveis com minerais bi e trivalentes como cálcio, ferro, magnésio, zinco, cobre e potássio, e assim reduzindo a interferência na biodisponibilidade desses minerais. Para que ocorra a desfosforilação deve-se fazer uso no preparo de alimentos, de remolho (e após cozer sem a água de remolho), germinação, fermentação, processamento, maltagem, moagem e tratamento térmico. Em termos de produção industrial, pode-se indicar a adição de fitases exógenas estáveis ao calor e que atue em ampla faixa de pH.

Quanto ao ácido oxálico, a dose letal é de 1.500 mg, e para os formadores de cálculo renal é extremamente importante conhecer quais alimentos contêm níveis elevados de oxalato e evitar o seu consumo, pois ao complexar com o cálcio ou magnésio formam cristais insolúveis. O oxalato que é liberado na água é chamado oxalato solúvel que se complexa com sódio e potássio, por isso ao submeter à fervura vegetais ricos em ácido oxálico, a água utilizada no cozimento deve ser desprezada. Também, o consumo simultâneo de cálcio e/ou magnésio com alimentos ricos em ácido oxálico reduz sua absorção,

porque os cristais insolúveis são formados no sistema digestório.

REFERÊNCIAS

- [1] Benevides CMJ, Souza MV, Souza RDB, Lopes MV. Fatores antinutricionais em alimentos: revisão. *Segur. Aliment. Nutr.* 2011;18(2):67-79.
- [2] Santos MAT. Efeito do cozimento sobre alguns fatores antinutricionais em folhas de brócoli, couve-flor e couve. *Ciênc. Agrotec.* 2006;30(2):294-301.
- [3] Maradini Filho AM. Caracterização físico-química, nutricional e fatores antinutricionais de quinoa da variedade brasileira BRS PIABIRU [tese]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2014.
- [4] Fernandes AC. Tipos de feijões e técnicas de preparo utilizadas em unidades produtoras de refeições das regiões Sul e Sudeste do Brasil [dissertação]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2010.
- [5] Fuentes BJ. Cambios Bioquímicos en semillas de *Lupinus montanus* y *Lupinus exaltatus* asociados a tratamientos físicos, químicos y germinativos [dissertação]. Tabasco: Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas; 2013.
- [6] Queiroz ER, Abreu CMP, Rocha DA, Simão AA, Bastos VAA, Botelho LNS, *et al.* Anti-nutritional compounds in fresh and dried lychee fractions (*Litchi chinensis* Sonn). *Afr. J. Agric. Res.* 2015;10(6):499-504.
- [7] Khattak AB, Zeb A, Bibi N, Khalil SA, Khattak MS. Influence of germination techniques on phytic acid and polyphenols content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts. *Food Chemistry.* 2007;104:1074-109.
- [8] Rubio LA, Muzquiz M, Burbano C, Cuadrado C, Pedrosa MM. High apparent ileal digestibility of amino acids in raw and germinated faba bean (*Vicia faba*) – and chickpea (*Cicer arietinum*) – based diets for rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 2002;82:1710-1717.
- [9] Kumar V, Sinha AK, Makkar HPS, Becker K. Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition: A review. *Food Chemistry.* 2010;120:945-959.
- [10] Mahan LK, Scott-Stump S, Raymond JL. Krause: Alimentos, Nutrição e Dietoterapia. 13. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora; 2012.
- [11] Slywitch E. Guia alimentar de dietas vegetarianas para adultos [Internet]. São Paulo: Sociedade Vegetariana Brasileira, Departamento de Medicina e Nutrição; 2012 [acesso em 28 abr 2017]. Disponível em: <https://www.svb.org.br/livros/guia-alimentar.pdf>

- [12] Hackbarth L. Estado nutricional de vegetarianos e onívoros usuários de restaurantes universitários [dissertação]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2015.
- [13] Chisté RC, Cohen KO, Mathias EA, Oliveira SS. Quantificação de cianeto total nas etapas de processamento das farinhas de mandioca dos grupos seca e d'água. *Acta Amaz.* 2010;40(1):221-226.
- [14] Cardoso Junior NS, Viana AES, Matsumoto SN, Sediyaama T, Amaral CLF, Pires AJV, *et al.* Efeito do nitrogênio sobre o teor de ácido cianídrico em plantas de mandioca. *Acta Sci. Agron.* 2005;27(4):603-610.
- [15] Amorim SL, Medeiros EMT, Rietcorrea F. Intoxicações por plantas cianogênicas no Brasil. *Ciência Animal.* 2006;16(1):17-26.
- [16] Helbig E, Buchweitz MRD, Gigante DP. Análise dos teores de ácidos cianídrico e fítico em suplemento alimentar: multimistura. *Rev. Nutr.* 2008;21(3): 323-328.
- [17] Mazur CE. Efeitos do Feijão Branco (*Phaseolus vulgaris* L.) na perda de peso. *Rev. Bras. Nutrição Esportiva.* 2014;8(48):404-411.
- [18] Greiner R, Konietzny U. Phytase for Food Application. *Food Technol. Biotechnol.* 2006;44(2):125-140.
- [19] Piyaratne MKDK, Atapattu NSBM, Mendis APS, Amarasinghe AGC. Effects of balancing rice bran based diets for up to four amino acids on growth performance of broilers. *Tropical Agricultural Research & Extension.* 2009;12(2):57-61.
- [20] Vega-Gálvez A, Miranda M, Vergara J, Uribe E, Puente L, Martínez EA. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa willd.*), an ancient Andean grain: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 2010;90:2541-2547.
- [21] Lozano MG. Amendoim (*arabid hypogaea* L.): composição centesimal, ácidos graxos, fatores antinutricionais e minerais em cultivares produzidas no Estado de São Paulo [dissertação]. Piracicaba: Universidade de São Paulo; 2016.
- [22] Kozukue E, Kozukue N, Kurosaki T. Organic Acid, Sugar and Amino Acid Composition of Bamboo Shoots. *Journal of Food Science.* 1983;48(3):935-938.
- [23] Massey LK. Food Oxalate: Factors Affecting Measurement, Biological Variation, and Bioavailability. *Journal of the American Dietetic Association.* 2007;107(7):1191-1194.
- [24] Hönow R, Hesse A. Comparison of extraction methods for the determination of soluble and total oxalate in foods by HPLC-enzyme-reactor. *Food Chemistry.* 2002;78(4):511-521.
- [25] Chai W, Liebman M. Oxalate content of legumes, nuts and grain-based flours. *Journal of Food Composition and Analysis.* 2005;18(7):723-729.
- [26] Santos CM. Caracterização e Utilização de Subprodutos do Mamão (*Carica papaya* L.) [tese]. Lavras: Universidade Federal de Lavras; 2015.
- [27] Santos CD. Avaliação das melhores condições de secagem de grãos de soja visando à manutenção do teor de proteínas [dissertação]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2013.
- [28] Lopes CO, Dessimoni GV, Silva MC, Vieira G, Pinto NAVD. Aproveitamento, composição nutricional e antinutricional da farinha de quinoa (*Chenopodium Quinoa*). *Alim. Nutr.* 2009;20(4):669-675.
- [29] Almeida MEF, Junqueira AMB, Simão AA, Corrêa AD. Caracterização química das hortaliças não convencionais conhecidas como ora-pro-nobis. *Biosci. J.* 2014;30(1):431-439.
- [30] Sato VS. Produção de fitase por *Rhizopus microsporus* var. *microsporus*: Purificação, Caracterização Bioquímica e Aplicação [tese]. Araraquara: Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho"; 2015.
- [31] Institute of Medicine (IOM). Dietary Reference Intakes: The Essential Guide to Nutrient Requirements. Washington, D.C.: The National Academies Press; 2006.
- [32] Scardelato JÁ, Legramandi VHP, Sacramento LVS. Ocorrência de cristais em plantas medicinais utilizadas no tratamento da nefrolitíase: paradoxo? *Rev. Ciênc. Farm. Básica Apl.* 2013;34(2):161-168.
- [33] Benevides CMJ, Souza RDB, Souza MV, Lopes MV. Efeito do processamento sobre os teores de oxalato e tanino em maxixe (*Cucumis anguria* L.), jiló (*Solanum gilo*), feijão verde (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) e feijão andu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp. *Alim. Nutr. Braz. J. Food Nutr.* 2013;24(3):321-327.
- [34] Holmes RP, Goodman HO, Assinos DG. Contribution of dietary oxalate to urinary oxalate excretion. *Kidney International.* 2001;59(1):270-276.
- [35] Holmes RP, Assinos DG. The impact of dietary oxalate on kidney stone formation. *Urol Res.* 2004;32:311-316.
- [36] Hatch M, Freel RW. Intestinal transport of an obdurate anion: oxalate. *Urological Research.* 2005;33(1):1-16.
- [37] Liebman M, Costa G. Effects of calcium and magnesium on urinary oxalate excretion after oxalate loads. *The Journal of Urology.* 2000;163(5):1565-1569.
- [38] Zimmermann D, Voss S, Unruh GE, Hesse A. Importance of Magnesium in Absorption and Excretion of Oxalate. *Urol Int.* 2005;74:262-267.
- [39] Damiani C, Almeida TL, Costa NV, Medeiros NX, Silva AGM, Silva FA, *et al.* Perfil de ácidos graxos e fatores

antinutricionais de amêndoas de pequi crua e torrada. *Pesq. Agropec. Trop.* 2013;43(1):71-78.

[40] Moraes EA, Carraro, JCC, Dantas MIS, Costa NMB, Ribeiro SMR, Martino HSD. Qualidade proteica e eficiência alimentar de farinhas integrais de linhaça obtidas de sementes cruas e submetidas a tratamento térmico. *Rev. Inst. Adolfo Lutz.* 2010;69(4):531-536.