



ATIVIDADE HEMAGLUTINANTE EM SEMENTES EXÓTICAS GERMINADAS E COMESTÍVEIS

HEMAGGLUTINATION ACTIVITY IN EXOTIC SEEDS GERMINATED AND EDIBLE

Vanessa Cristina Oliveira Lima

Nutricionista, mestre em Bioquímica e doutoranda no Programa de Pós graduação em Bioquímica, Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil. Email: vanessalima_nutri@yahoo.com.br

Priscila Fabíola dos Santos Silva

Nutricionista, Curso de Nutrição, Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil. Email: priscilinhafab@hotmail.com

Nínive Rayane de Medeiros Alves

Nutricionista, Curso de Nutrição, Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil. Email: ninive_ra@hotmail.com

Danielle Alves de Oliveira Pereira

Nutricionista, Curso de Nutrição, Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil. Email: danynutri@outlook.com

Júlia Braga dos Santos Figueredo

Nutricionista, mestrando no Programa de Pós graduação em Bioquímica, Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil. Email: jubilola@hotmail.com

Izael de Sousa Costa

Nutricionista, mestre em nutrição e doutorando no Programa de Pós graduação em Bioquímica, Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil. Email: izaelsousa@hotmail.com

Fabiana Maria Coimbra de Carvalho

Nutricionista, mestre em nutrição e doutoranda no Programa de Pós graduação em Bioquímica, Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil. Email: fabicoimbra@hotmail.com

Elizeu Antunes dos Santos

Biólogo, Doutor, Professor do Programa de Pós graduação em Bioquímica, Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil. Email: elizeu.ufrn@gmail.com

Ana Heloneida de Araújo Morais*

Nutricionista, Doutora, Professora do Programa de Pós graduação em Nutrição, Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil. Email: aharajomorais@gmail.com



RESUMO

As sementes não convencionais vêm ganhando destaque no cenário alimentar pela alegação de que são benéficas à saúde; concomitante a esse fato, o consumo

dessas sementes, em sua forma germinada, vem aumentando sustentado pelos ganhos relacionados à qualidade nutricional, tendo como exemplo a Quinoa, Girassol, Feno-grego, Feijão Mungo, Feijão Azuki e o Gergelim. Porém, a germinação

das sementes altera seu metabolismo e sua composição, fato relacionado, segundo a literatura, a uma maior síntese e menor degradação de aglutininas. O objetivo deste estudo constituiu em avaliar a atividade hemaglutinante nos extratos totais aquosos de sementes exóticas germinadas e comestíveis. Assim, foram testadas a atividade hemaglutinante, a dependência de íons e a inibição por carboidratos dos extratos dessas sementes. Como resultado, para as sementes estudadas, identificou-se a presença de aglutininas em todas as sementes germinadas, sendo mais expressivas nas sementes de Gergelim (88,11 UH/mg) e Girassol (61,07 UH/mg) e nas sementes não germinadas, apenas não apresentaram atividade hemaglutinante, as de Quinoa, Feijão Mungo e Gergelim. A especificidade para os tipos sanguíneos (ABO), tratado com papaína ou tripsina variaram entre as sementes, bem como a dependência por íons magnésio e cálcio, atentando para a necessidade crescente de estudos mais aprofundados sobre fatores antinutricionais em alimentos alternativos e sementes germinadas.

Palavras-chave: Germinação, aglutininas, sementes.

ABSTRACT

The unconventional seeds have been gaining ground in the food scene by the arguments that they are beneficial to health; concomitant to this fact, the consumption of these seeds germinated, is increasing sustained by gains related to nutritional quality, especially the Quinoa, Sunflower, Fenugreek, Mungo beans, Azuki beans and sesame. However, seed germination alter your metabolism and composition, fact related, according to the literature, the higher synthesis and lower degradation of agglutinins. The objective of this study consisted in evaluating the hemagglutination activity in aqueous total extracts of germinated seeds and edible exotic. Were tested the hemagglutination

activity, the dependence on ions and the inhibition of carbohydrate extracts from these seeds. As a result, for seeds analyzed, we identified the presence of agglutinin in all germinated seeds being more significant in sesame seeds (88.11 HU/mg) and sunflower (61.07 HU/mg), and the seeds that do not germinated, they had not only the hemagglutination activity of Quinoa, Mungo beans and Sesame. The specificity for blood types (ABO), treated with papain or trypsin ranging from seeds, as well as dependence by ion magnesium and calcium, paying attention to the growing need for further studies of anti-nutritional factors in alternative foods and sprouted seeds.

Key words: Germination, agglutinins, seeds.

INTRODUÇÃO

A aderência às dietas vegetarianas tem experimentado um vertiginoso aumento na população. As motivações que levam pessoas a aderirem a uma alimentação isenta de produtos cárneos de origem animal e abundante em frutas, verduras, cereais e sementes são variadas, porém a melhoria da saúde se destaca como umas das principais (DINU et al., 2017). Dentro do vegetarianismo podem ser identificadas uma variedade de práticas alimentares, dentre elas, o consumo de alimentos germinados. A germinação é comumente empregada em sementes e trata-se de um processo no qual a entrada de água no endosperma leva a uma mudança física capaz de aumentar a disponibilidade de compostos bioativos (ZHANG et al., 2015). Durante a germinação ocorre um aumento da degradação do amido e um aumento no teor de proteína total devido à degradação mais intensa de outros componentes da semente. O aumento do teor de proteínas é atribuído a manutenção de moléculas que atuam no sistema de defesa das plantas contra predadores, sendo

denominadas, no campo da nutrição, de fatores antinutricionais. Muitos fatores antinutricionais, como o inibidor de tripsina, aglutininas, fitatos e taninos prejudicam a absorção de minerais e a digestibilidade de macronutrientes (MOKTAN; OJHA, 2015).

Dentre os fatores antinutricionais proteicos, estão as aglutininas e/ou lectinas, essas proteínas profundamente estudadas apresentam características específicas, sendo a maioria de origem não imune, podendo ser glicosiladas ou não. Possuem, pelo menos, um sítio de ligação reversível a monossacarídeos ou oligossacarídeos específicos, podendo promover aglutinação de células animais e/ou vegetais e, para isso, requerem ou não a presença de íons (SÁNCHEZ-Chino et al., 2015). Devido à sua capacidade de se ligar a praticamente todos os tipos de células e causar danos a vários órgãos, as aglutininas podem causar sintomas inespecíficos seguidos da ingestão, como náuseas, vômitos e diarreia. Em longo prazo, o estudo da ingestão contínua em modelos de roedores demonstrou hipertrofia celular, hiperplasia intestinal e perda de peso (DE PUNDER & PRUIMBOOM, 2013).

Alguns estudos já mostraram a preocupação em pesquisar o valor nutricional de sementes germinadas (HAN et al., 2014; PANDEY & AWASTHI, 2015; CHEN et al., 2016; XU et al., 2017). Porém, tratando-se de sementes não convencionais na alimentação da população brasileira, devido à recente inclusão destes nos hábitos alimentares, não foram encontrados relatos na literatura. Dentre essas sementes, Quinoa, Girassol, Feno-grego, Feijão Mungo, Feijão Azuki e Gergelim merecem atenção especial pela crescente expansão de consumo. Desse modo, o presente estudo teve por objetivo avaliar a presença e as características de aglutininas em sementes germinadas e comestíveis.

MATERIAIS E MÉTODOS

Material biológico

Sementes de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), Girassol (*Helianthus annuus* L.), Feno-grego (*Trigonella foenum-graecum*), feijão mungo (*Vigna radiata*), Feijão Azuki (*Vigna angularis*) e Gergelim (*Sesamum indicum* L.) foram obtidas no comércio na cidade de Natal-RN. Os eritrócitos humanos dos sorotipos ABO foram obtidos por meio de doações de bolsas de sangue, fora do prazo de validade para transfusão, pelo Hemocentro de Natal-RN. As soluções, os reagentes, as enzimas e os equipamentos essenciais ao desenvolvimento da pesquisa foram obtidos e utilizados no Laboratório de Química e Função de Proteínas Bioativas do Departamento de Bioquímica da UFRN.

Processo de germinação em água

O processo de germinação dos grãos foi feito de forma semelhante ao consumo da população adepta. Dessa forma, todas as sementes foram germinadas utilizando água potável e em local fresco, arejado e protegido da luz. Para as sementes de Quinoa e Gergelim utilizou-se remolho na proporção de 1:3 por 48 h e troca de água a cada 8 h. Para as sementes de Girassol e Feno-grego utilizou-se a mesma proporção de água por 8h, porém para semente de girassol, após esse tempo, a água foi vertida e as sementes submetidas a lavagem a cada 12 h por 48 h. Já a semente de feno-grego após as 8 h de remolho, descartou-se a água e as sementes foram umedecidas a cada 8 h por 24 h, sem deixar excesso de água no recipiente. Para as sementes de feijões Azuki e Mungo utilizou-se água na proporção de 1:10, por 8 h. Em seguida, a água foi escorrida e os grãos deixados à temperatura ambiente por cerca de 8 h. Os tempos empregadas para cada semente foram correspondentes ao aparecimento dos indícios visuais da germinação.

Após germinadas, todas as sementes foram transferidas para a estufa ventilada, colocadas em badejas, onde permaneceram por 24 h à temperatura de 45 °C para redução de sua umidade.

Extração de proteínas totais de sementes germinadas e não germinadas

Após secagem, as sementes foram trituradas em moinho refrigerado (6 °C) e peneiradas para obtenção de uma farinha de granulação fina (em torno de 40 mesh). As proteínas foram obtidas por extração com água destilada, na proporção de 1:5 (farinha: meio de extração, p/v), sob agitação constante, por 3 horas. O extrato foi centrifugado a 8.000 x g, por 30 minutos, a 4 °C. O precipitado foi descartado e o sobrenadante denominado extrato bruto (EB). Cerca de 10 mL do extrato bruto, de cada semente, foram secos em concentrador do tipo Speed Vaccum, em seguida, ressuspensos em 1,0 mL de tampão Tris -HCl 50 mM, pH 7,5 e posteriormente utilizado para os testes. Os extratos de cada semente não germinada foram preparados nas mesmas condições e utilizados como controles negativos.

Avaliação da atividade hemaglutinante

Concentrados de hemácias dos tipos sanguíneos A, B e O foram divididos em três alíquotas: uma destinada ao tratamento enzimático com papaína; outra com tripsina; e ainda, outra sem nenhum tratamento enzimático. O tratamento com papaína e tripsina se deu utilizando a proporção de 1:1 (v/v), por 30 minutos em banho-maria a 37 °C e 1:1(v/v) por 1 hora à temperatura ambiente, respectivamente. A concentração de hemácias foi ajustada para 4 % a em todas as amostras após determinação por microhematócrito, obtendo-se, ao final do

processo, nove amostras sanguíneas diferentes (sangue tipos A, B e O, tratados com papaína, tripsina, e não tratados).

Os testes de Hemaglutinação ocorreram segundo metodologia de DEBRAY et al., (1981), usando os eritrócitos humanos ABO tratados como descrito acima. Como controle positivo, utilizou-se a lectina Concanavalina A.

Teste de dependência de íons

Sabendo-se que algumas aglutininas necessitam da presença de íons para se ligar a carboidratos, foi realizado um teste dependência para os íons Ca^{2+} e Mg^{2+} . Nesse teste, 25 μ L de cada extrato das cinco sementes germinadas foram incubados com o mesmo volume de solução e Ca^{2+} e Mg^{2+} , ambas na concentração de 50 mM, por 30 minutos. O mesmo processo ocorreu para os extratos de sementes não germinadas e para o controle positivo. Cada extrato foi testado para cada uma das nove amostras sanguíneas, adicionando um volume de 25 μ L dos mesmos. Transcorrido o tempo, foi observado se houve aglutinação.

Para os extratos que apresentaram hemaglutinação foi feito um teste de diluição seriada, seguindo a metodologia descrita acima, visando obter a atividade Hemaglutinante específica. Os resultados foram expressos em Unidade de Hemaglutinação (UH/mg) de amostra, determinada pelo inverso da máxima diluição capaz de provocar aglutinação visível das hemácias por grama de peso seco do extrato. Os controles negativo e positivo também foram realizados.

Teste de inibição por carboidratos

O teste de inibição por carboidratos também foi realizado segundo DEBRAY et al., (1981). Foram realizados testes de hemaglutinação na presença e ausência dos carboidratos: L-Fucose; N-Acetil-D-Glicosamina; D-Galactose; D-Manose; D-Glicosamina;

D-Frutose; D-Ribose; D-Xilose; L-Arabinose; Ácido-D-Glicurônico; Lactose; Melibiose; Maltose e Sacarose, todos na concentração de 100 mM. Neste teste, foram utilizados, como controle positivo da inibição por carboidrato, 25 µL da lectina Concanavalina A, com 25 µL de Maltose (não apresenta hemaglutinação mediada pela inibição por Maltose) e como controle negativo, apenas, 25 µL da lectina Concanavalina A (apresenta hemaglutinação).

Análise estatística

Os dados representam, pelo menos, três experimentos independentes e foram expressos com média ± DP (Desvio Padrão), exceto quando indicado de outra maneira. Os dados estatísticos foram analisados pelo software GraphPad prism 6.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do teste pontual de hemaglutinação e da dependência por íons podem ser verificados na Tabela 1. O teste pontual de hemaglutinação revelou a presença de aglutininas em todas as sementes germinadas. Nas sementes não germinadas, apenas a Quinoa, Feijão Mungo e Gergelim não apresentaram atividade hemaglutinante. Nas sementes germinadas a atividade hemaglutinante específica que traduz a relação entre o título de hemaglutinação e a quantidade de proteína da amostra, mostrou-se mais expressivas nas sementes de Gergelim (88,11 UH/mg) e Girassol (61,07 UH/mg) (Tabela 2).

Tabela 1 – Atividade hemaglutinante e dependência de íons, em extratos aquosos de sementes exóticas germinadas, frente a eritrócitos humanos ABO+, em solução salina (NaCl 0,9%), não tratados e tratados enzimaticamente.

SEMENTES	Solução/									
	Hemácias	A	Ap	At	B	Bp	Bt	O	Op	Ot
Azuki Não Germinado	NaCl	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ca2+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Mg2+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Azuki Germinado	NaCl	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ca2+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Mg2+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Feno-grego Não Germinado	Ca2+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Mg2+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Feno-grego Germinado	NaCl	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Ca2+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Mg2+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Gergelim Não Germinado	NaCl	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ca2+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mg2+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gergelim Germinado	NaCl	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ca2+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Mg2+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Girassol Não Germinado	NaCl	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ca2+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Mg2+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Girassol Germinado	NaCl	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ca ²⁺	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Mg ²⁺	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mungo Não Germinado	NaCl	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ca ²⁺	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Mg ²⁺	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mungo Germinado	NaCl	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ca ²⁺	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Mg ²⁺	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Quinoa Não Germinada	NaCl	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ca ²⁺	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mg ²⁺	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Quinoa Germinada	NaCl	-	+	-	-	+	-	-	+	-
	Ca ²⁺	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mg ²⁺	-	+	-	-	+	-	-	+	-

Fonte: próprio autor (2015)

(+)/(-) presença/ausência da atividade aglutinante; A - Eritrócito A+ não tratado; B - Eritrócito B+ não tratado; O - Eritrócito O+ não tratado; Ap - Eritrócito A+ tratado com papaína; Bp - Eritrócito B+ tratado com papaína; Op - Eritrócito O+ tratado com papaína; At - Eritrócito A+ tratado com tripsina; Bt - Eritrócito B+ tratado com tripsina; Ot - Eritrócito O+ tratado com tripsina.

Tabela 2 – Atividade Hemaglutinante, em UH/mg de proteínas, do extrato de sementes exóticas em solução salina (NaCl 0,9%) em hemácias dos Grupos sanguíneos A, B e O, tratado com enzima papaína.

Atividade Hemaglutinante Específica (UH/mg*)											
Sementes		Solução/Hemácias	A	Ap	At	B	Bp	Bt	O	Op	Ot
Azuki	Não Germinado	Ca ²⁺	0,075	0,600	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075
		Mg ²⁺	0,00	0,600	0,037	0,00	0,075	0,00	0,00	0,075	0,00
	Germinado	Ca ²⁺	0,13	0,13	0,06	0,06	0,03	0,03	0,06	0,03	0,03
Gergelim	Não Germinado	NaCl, Ca ²⁺ e Mg ²⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Germinado	Ca ²⁺	88,11	88,11	88,11	88,11	88,11	88,11	88,11	88,11	88,11
Girassol	Não Germinado	Ca ²⁺	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
	Germinado	Ca ²⁺	61,07	30,53	61,07	30,53	30,53	0,00	61,07	0,00	61,07
Quinoa	Não Germinado	NaCl, Ca ²⁺ e Mg ²⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Germinado	NaCl	1,44	2,61	0,00	1,57	2,69	0,00	1,57	2,63
	Germinado	Mg ²⁺	0,00	47,58	0,00	0,00	17,78	0,00	0,00	8,89	0,00
Mungo	Não Germinado	NaCl, Ca ²⁺ e Mg ²⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Germinado	Ca ²⁺	7,04	3,70	3,70	3,70	0,00	0,00	1,85	3,70
	Germinado	Mg ²⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,85	0,00

Fonte: próprio autor (2015)

*UH/mg: Unidade de Hemaglutinação (inverso da maior diluição onde ocorre aglutinação visível em ensaio de diluição seriada) por miligrama de proteína.

Os testes de inibição da atividade hemaglutinante por carboidrato nos extratos aquosos das sementes estudadas não apresentaram resultado positivo em nenhum dos tipos sanguíneos para os carboidratos testados, sugerindo que essas aglutininas não apresentam especificidade para nenhum dos carboidratos utilizados nesse ensaio.

As aglutininas, hemaglutininas ou lectinas podem ser caracterizadas e detectadas devido à sua habilidade em aglutinar eritrócitos, em certos casos com alta especificidade. Isso se deve a habilidade das aglutininas se ligarem aos antígenos dos grupos sanguíneos eritrocitários, que são estruturas macromoleculares localizadas na superfície extracelular da membrana dos eritrócitos e de outras células, podendo ser de natureza glicídica ou glicoproteica (HE et al., 2018).

Sabe-se que a pesquisa de aglutininas em alimentos é importante devido aos seus efeitos nutricionais e fisiológicos já bem relatados na literatura, causados principalmente pela capacidade que essas moléculas possuem de resistir à passagem através do estômago e do intestino delgado, não sendo degradadas pelas enzimas digestórias, e, ainda, por reconhecer e interagir com glicoconjugados presentes nas membranas das células intestinais, provocando alterações na absorção de nutrientes, perda de peso e inibição de crescimento em animais experimentais (DE PUNDER & PRUIMBOOM, 2013). As aglutininas também interagem com outros inúmeros tipos de células como, por exemplo, linfócitos, adipócitos, células neuroendócrinas, tumorais dentre outras (DRICKAMER & TAYLOR, 2015; YAU et al., 2015).

Com já foi dito, as sementes de Quinoa, Feijão Mungo e Gergelim, diferente das demais sementes estudadas, mostraram presença de aglutininas, apenas, quando germinadas, comprovado pelo resultado negativo dos testes em extratos das sementes não germinadas. Para o extrato aquoso das sementes não germinadas de Feijão Mungo, no teste pontual, até

constatou-se a presença de alguma atividade hemaglutinante, no entanto, numa concentração muito baixa, já que ao ser realizada a atividade específica, essa se mostrou nula. O processo de germinação e estabelecimento das plantas é a etapa mais crítica dentre as fases de desenvolvimento vegetal, e tem início com a embebição de água pelas sementes. Entre os fatores do ambiente, a água é o que mais influencia o processo de germinação (MIRANSARI & SMITH, 2015).

Na germinação, o metabolismo é rapidamente retomado, resultando na utilização das reservas, constituídas, predominantemente, por carboidratos, proteínas e lipídios, que se encontram armazenados nos órgãos de reserva: os cotilédones. Estudos mostram que durante a utilização das reservas proteicas, existe um atraso na degradação das aglutininas em relação a outras proteínas, provavelmente devido a sua função no sistema de defesa da planta nessa fase crítica de crescimento (MOKTAN; OJHA, 2015). A atividade hemaglutinante, nos extratos de sementes de Quinoa, Feijão Mungo e Gergelim germinadas, quando comparada a sementes não germinadas, provavelmente, demonstra que essa resistência está relacionada à degradação durante o processo de germinação. E mesmo nas sementes que apresentaram atividade hemaglutinante quando não germinadas, essas atividades tenderam a aumentar, quando as mesmas sofreram germinação.

YASHAVANTH, PRAKASH & GOWDA (2018) verificaram que a atividade lectínica aumentou durante a fase de germinação das sementes de *Vicia faba*. Esse aumento da atividade não teria se dado por síntese proteica, mas por atraso na degradação dessas proteínas. Segundo CAVADA et al., (1994), a lectina de sementes de *Dioclea guianensis* mostrou uma mobilização diferencial quando comparada com as proteínas de armazenamento. Considerando que as proteínas de alto peso molecular foram processadas no início da germinação, a aglutinina foi detectada até no momento da amputação. Isso acontece as lectinas são proteínas de

estresse a longo prazo, como o estresse hídrico decorrente do remolho necessário a germinação (BROSOWSKA-ARENDT et al., 2018).

Para a atividade hemaglutinante dos extratos de todas as sementes não-germinadas ou germinadas, exceto para Feno-grego e Quinoa germinadas, a presença de íons se mostrou fundamental. Na Quinoa e no Feijão Mungo, a presença de íons magnésio resultou em um grande aumento da atividade hemaglutinante. Já o Gergelim mostrou ter a atividade condicionada à presença de íons cálcio, independente do tipo de carboidrato de membrana com qual reagiu. A ocupação dos sítios metálicos por esses íons causa uma modificação na conformação estrutural da molécula, conferindo o reconhecimento ao carboidrato pelo qual tem afinidade, estabilizando a ligação ao sítio ligante e fixando a posições dos aminoácidos que interagem com o carboidrato ligante. As aglutininas que não requerem íons metálicos já possuem conformação estrutural, necessária para esse reconhecimento. Esses íons metálicos estão presentes na alimentação e na própria semente, podendo favorecer sua ligação com seus respectivo sítios (LIS & SHARON 1998).

Apesar dos resultados sinalizarem a presença de aglutininas nos extratos de todas sementes germinadas estudadas, e mesmo em algumas não germinadas, não é possível afirmar a reprodutibilidade desses fenômenos durante o processo de digestão em humanos. Tampouco é recomendável abolir o consumo dessas sementes que, dentro de um consumo racional, apresentam muitos outros fatores benéficos à saúde, provavelmente sobrepujando os possíveis efeitos deletérios. No entanto, o consumo dessas sementes não convencionais vem crescendo vertiginosamente, considerando-se necessária esse tipo de investigação.

É importante considerar que, apesar da potencial toxicidade das aglutininas, há grandes perspectivas das aplicações biotecnológicas dessas proteínas nas áreas médicas e agrônômica, como: caracterização de grupos sanguíneos (TOPIN et al., 2016), marcador

de células tumorais em diagnóstico ou como molécula antitumoral, antiviral, anti-inflamatória, além de estimular a mitogênese de linfócitos, ampliando sua aplicação ao campo da imunologia (MONTE et al., 2014). As aglutininas e/ou lectinas também podem atuar como agentes defensivos agrícolas, com ação fungicida, bactericida, inseticida e nematicida (GOMES et al., 2013; KLAFKE et al., 2013).

A busca constante por novas e alternativas fontes alimentares que sejam benéficas do ponto de vista fisiológico, econômico e social é de suma importância. Porém a avaliação constante e aprofundada desses ditos alimentos não convencionais se faz necessária para a determinação de um consumo saudável, validando os benefícios já bem conhecidos da alimentação alternativa, dentro de um conceito mais amplo de alimentação saudável.

CONCLUSÃO

Conclui-se que extratos aquosos das sementes estudadas apresentam aglutininas em sua constituição cuja presença ou aumento potencial se relaciona diretamente com a indução do processo germinativo. Porém alguns pontos importantes precisam ser esclarecidos. Seria necessário investigar se essas moléculas poderiam manter a atividade biológica mesmo expostas as condições de pH e presença de enzimas digestivas do trato gastrointestinal. Além disso, se faz necessário ampliar os testes para outros carboidratos, podendo assim identificar possíveis sítios de ligação. É necessário que estudos mais detalhados relacionem a presença dessas aglutininas e seus efeitos diretos sobre a saúde, bem como estabeleçam dose segura de consumo e tratamentos convencionais de cocção que potencializem as características nutricionais desses alimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BROSOWSKA-ARENDET, W., GALLARDO, K., SOMMERER, N., WEIDNER, S. Changes in the proteome of pea (*Pisum sativum* L.) seeds germinating under optimal and osmotic stress conditions and subjected to post-stress recovery. *Acta Physiologiae Plantarum*, v.36, n.3, p.795-807, 2014.

CAVADA, B.S., GRANGEIRO, T.B., RAMOS, M.V., CRISOSTOMO, C.V., SILVA, L.M., MOREIRA, R.A., et al. Lectin from *Dioclea guianensis* var. *lasiophylla* duke seeds mobilization during germination and seedling growth in the dark. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v.6, n.1, p.21-25, mai. 1994.

CHEN, H.H., HUNG, C.C., YU, K.C., CHIEN, L.H., SU, Y.L., YI, S.C. An improved process for high nutrition of germinated brown rice production: Low-pressure plasma. *Food chemistry*, v.191, p.120-127, 2016.

DE PUNDER, K., PRUIMBOOM, L. The dietary intake of wheat and other cereal grains and their role in inflammation. *Nutrients*, v.5, n.3, p.771-787, 2013.

DINU, M., ABBATE, R., GENSINI, G.F., CASINI, A., SOFI, F. Vegetarian, vegan diets and multiple health outcomes: a systematic review with meta-analysis of observational studies. *Critical reviews in food science and nutrition*, v.57, n.17, p.3640-3649, 2017.

DRICKAMER, K., MAUREEN, E.T. Recent insights into structures and functions of C-type lectins in the immune system. *Current opinion in structural biology*, v.34, p.26-34, 2015.

GOMES, F.S., PROCOPIO, T.F., NAPOLEÃO, T.H., COELHO, L.C.B.B., PAIVA, P.M.G. Antimicrobial lectin from *Schinus terebinthifolius* leaf. *Journal of Applied Microbiology*, v.114, n.3, p.672-679, mar. 2013.

HAN, Z., LIXIA K., ZHENZHEN Z., JUN Z., SHULEI G., HAIYING L., et al. QTLs for seed vigor-related traits identified in maize seeds germinated under artificial aging conditions. *PLoS One*, v.9, n.3, p.e92535, 2014.

HE, S., BENJAMIN, K.S., HANJU, S., MICHAEL, O.N., YING, MA. TIEMIN, H. *Phaseolus vulgaris* lectins: A systematic review of characteristics and health implications. *Critical reviews in food science and nutrition*, v.58, n.1, p.70-83, 2018.

LIS, H., SHARON, N. Lectins: carbohydrates specific proteins that mediate cellular recognition. *Chemical Reviews*, v.98, n.2, p.637-674, abr. 1998.

MIRANSARI, M., SMITH, D.L. Plant hormones and seed germination. *Environmental and Experimental Botany*, v.99, p.110-121, 2014.

MOKTAN, K., PRAVIN, O. Quality evaluation of physical properties, antinutritional factors, and antioxidant activity of bread fortified with germinated horse gram (*Dolichus uniflorus*) flour. *Food science & nutrition*, v.4, n.5, p.766-771, 2016.

MONTE, L.G., SANTI-GADELHA, T., REIS, L.B., BRAGANHOL, E., PRIETSCH, R.F., DELLAGOSTIN, O.A., et al. Lectin of *Abelmoschus esculentus* (okra) promotes selective antitumor effects in human breast cancer cells. *Biotechnology Letters*, v.36, n.3, p.461-469, mar. 2014.

PANDEY, H., PRATIMA, A. Effect of processing techniques on nutritional composition and antioxidant activity of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) seed flour. *Journal of food science and technology*, v.52, n.2, p.1054-1060, 2015.

SÁNCHEZ-CHINO, X., JIMÉNEZ-MARTÍNEZ, C., DÁVILA-ORTIZ, G., ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, I., MADRIGAL-BUJADAR, E. Nutrient and nonnutrient components of legumes, and its chemopreventive activity: a review. *Nutrition and cancer*, v.67, n.3, p.401-410, 2015.

TOPIN, J., LELIMOUSIN, M., ARNAUD, J., AUDFRAY, A., PÉREZ, S., VARROT, A., et al. The hidden conformation of Lewis x, a human histo-blood group antigen, is a determinant for recognition by pathogen lectins. *ACS chemical biology*, v.11, n.7, p.2011-2020, 2016.

XU, L., LONG C., BARKAT A., NA Y., YISHENG C., FENGFENG W., et al. Impact of germination on nutritional and physicochemical properties of adlay seed (*Coixlachryma-jobi* L.). *Food chemistry*, v.229, p.312-318, 2017.

YASHAVANTH, L.V., BALAJI P., LALITHA R.G. Expression profiling of the *Dolichos lablab* lectin during germination and development of the seed. *Plant Physiology and Biochemistry*, v.124, p.10-19, 2018.

YAU, T., DAN, X., NG C.C.W., NG, T.B. Lectins with potential for anti-cancer therapy. *Molecules*, v.20, n3, p.3791-3810, 2015.

ZHANG, G., ZHICUN X., YUANYUAN G., XIANXIAO H., YANPING Z., TIANKUI Y. Effects of germination on the nutritional properties, phenolic profiles, and antioxidant activities of buckwheat. *Journal of food science*, v.80, n.5, 2015.