

## Influência da germinação e do processamento térmico na digestibilidade proteica e atividade de inibição de tripsina de grãos de quinoa

*The effect of germination and heat treatment on the protein digestibility and trypsin inhibition activity of quinoa grains*

### Autores | Authors

#### **Maria Júlia de Miguel AMISTÁ**

Universidade Federal do  
Triângulo Mineiro (UFMT)  
Instituto de Ciências da Saúde  
Departamento de Nutrição  
Curso de Nutrição  
Uberaba/MG - Brasil  
e-mail: [amistamjm@gmail.com](mailto:amistamjm@gmail.com)

#### ✉ **Olga Luisa TAVANO**

Universidade Federal do  
Triângulo Mineiro (UFMT)  
Instituto de Ciências da Saúde  
Departamento de Nutrição  
Rua Getúlio Guaritá, 159, sala 323  
CEP: 38025-440  
Uberaba/MG - Brasil  
e-mail: [tavanool@yahoo.com.br](mailto:tavanool@yahoo.com.br)

✉ Autor Correspondente | Corresponding Author

Recebido | Received: 01/11/2011

Aprovado | Approved: 11/10/2012

Publicado | Published: mar./2013

### ■ Resumo

Em função de sua versatilidade e indicativos de alto valor nutritivo, a quinoa tem despertado crescente interesse dos pesquisadores das áreas de ciências nutricionais e de alimentos, bem como dos consumidores, que visam cada vez mais ao consumo de produtos associados à promoção da saúde ou alternativos para aqueles com necessidades específicas, como os celíacos, que encontram na quinoa uma possibilidade de consumo. Neste trabalho, avaliaram-se alterações relativas à qualidade proteica dos grãos, nos seguintes aspectos: a atividade de inibição de proteases e a digestibilidade proteica *in vitro*, em função de modificações sofridas por processo de germinação de 2, 4 e 6 dias, além de diferentes tipos de processamentos térmicos, incluindo-se aquecimentos brandos, a 40 °C e 45 °C, e cozimento sob fervura. O processo de germinação não proporcionou melhorias na digestibilidade proteica dos grãos de quinoa, embora tenha sido possível verificar uma redução na atividade de inibição de tripsina ao longo da germinação. Diversamente, os processos envolvendo tratamento térmico se mostraram efetivos em melhorar a qualidade proteica dos grãos, ainda quando as temperaturas de 40 °C e 45 °C foram utilizadas. Utilizando-se temperatura de apenas 45 °C para tratamento dos grãos, seus valores de digestibilidade proteica foram aumentados a ponto de serem equivalentes ao observado para o cozimento tradicional dos grãos, realizado sob fervura, o que pode ser uma observação positiva aos que optam por consumo de grãos minimamente processados.

**Palavras-chave:** *Chenopodium quinoa*; Grãos germinados; Inibidores de proteases; Digestibilidade *in vitro*; Qualidade proteica.

### ■ Summary

Due its versatility and indications concerning its high nutritive value, quinoa has attracted growing interest from food and nutrition researchers, as also from consumers who seek healthier or alternative food products. These foods are of particular relevance for people with specific needs such as those suffering from celiac disease. In this study changes occurring in some of the nutritional characteristics of the quinoa seed proteins, such as protease inhibition and *in vitro* protein digestibility, were evaluated during the germination process (2, 4 and 6 days) and after different heat treatments, including mild heating at 40 °C and 45 °C, and boiling. The germination processes evaluated here caused a significant decrease in the trypsin inhibition activity, but did not increase protein digestibility. However all the heat treatments used caused improvements in protein digestibility, even at low temperatures. The heat treatment at 45 °C for 30 minutes was sufficient to increase the protein digestibility to the same level as that produced by boiling, which could be a positive observation for those who consume minimally processed grains.

**Key words:** *Chenopodium quinoa*; Germinated seeds; Protease inhibitors; *In vitro* digestibility; Protein quality.

## Influência da germinação e do processamento térmico na digestibilidade proteica e atividade de inibição de tripsina de grãos de quinoa

AMISTÁ, M. J. M. e TAVANO, O. L.

### 1 Introdução

A quinoa, assim como o amaranto, é uma dicotiledônea, o que, do ponto de vista botânico, a difere dos cereais (monocotiledôneas), mas são também grãos considerados ricos em amidos e, portanto, são geralmente chamados de “pseudocereais”, sendo muito associados aos cereais, em especial quando utilizados como seus substitutos, como por exemplo, trigo e arroz (SCHOENLECHNER et al., 2008; SPEHAR e SANTOS, 2005). Pertence à família *Chenopodiaceae*, mesma família de outros vegetais utilizados na alimentação humana e animal, como espinafre e beterraba, do gênero *Chenopodium*, sendo seu nome científico *Chenopodium quinoa* Willd (SPEHAR, 2006).

Em virtude de sua versatilidade, dos indicativos de alto valor nutritivo, da capacidade de se adaptar a condições agroclimáticas extremas e do grande potencial para elaboração de produtos alimentícios, a quinoa atualmente tem despertado crescente interesse dos pesquisadores das áreas de ciências nutricionais e de alimentos, bem como dos consumidores, que visam cada vez mais ao consumo de produtos associados à promoção da saúde ou alternativos para aqueles com necessidades específicas, como os celíacos, que encontram na quinoa uma possibilidade de consumo (TAKAO et al., 2005; BRADY et al., 2007).

Em relação aos consumidores, existem vertentes que se dedicam ao consumo de vegetais em sua forma mais natural ou minimamente processados, como os crudivóristas, que consomem grãos, por exemplo, sem os submeter a processos de cozimento tradicional, optando por tratamentos térmicos amenos, máximo de 40-45 °C, ou apenas germinados. Modificações referentes às proteínas de sementes durante seu processo de germinação vêm sendo estudadas em muitas espécies e demonstram a ocorrência de alterações nos perfis proteicos, sejam relativas à composição, à funcionalidade ou à qualidade nutricional (MARTINEZ et al., 2011; GULEWICZ et al., 2008; SANGRONIS e MACHADO, 2007). Além disso, estudos demonstram que a germinação pode alterar a concentração de compostos antinutricionais, como inibidores de proteases, taninos e fitatos (RAMAKRISHNA et al., 2008; SANGRONIS e MACHADO, 2007; PORTARI et al., 2005; BADIFU, 2001), proporcionando melhorias na disponibilidade de nutrientes, em especial de proteínas.

Neste trabalho, foram avaliadas as influências do processo de germinação e de diferentes tipos de processamentos térmicos na modificação da atividade de inibição de tripsina e da digestibilidade proteica de grãos de quinoa.

### 2 Material e métodos

#### 2.1 Material

Os grãos de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), variedade Real, de origem boliviana, foram obtidos em comércio local.

#### 2.2 Métodos

##### 2.2.1 Composição centesimal

As determinações de umidade, cinzas, lipídeos e fibras dos grãos *in natura* foram realizadas de acordo com o proposto pela AOAC (HOROWITZ, 2000). Carboidratos foram determinados por diferença, diminuindo-se a soma dos demais componentes de 100. A determinação de proteínas foi realizada como descrito a seguir.

##### 2.2.2 Determinação de proteínas

As determinações de proteínas foram realizadas de acordo com o Método de Kjeldahl (AOAC – HOROWITZ, 2000). Para os cálculos referentes às amostras de quinoa (grãos *in natura*, germinados e tratados termicamente), utilizou-se o fator 6,25 para a conversão dos teores de nitrogênio em proteínas. Quando a determinação do teor de proteínas foi necessária para amostra de caseína, para sua utilização em ensaio de digestibilidade, utilizou-se o fator 6,38 para conversão do valor de nitrogênio.

##### 2.2.3 Germinação

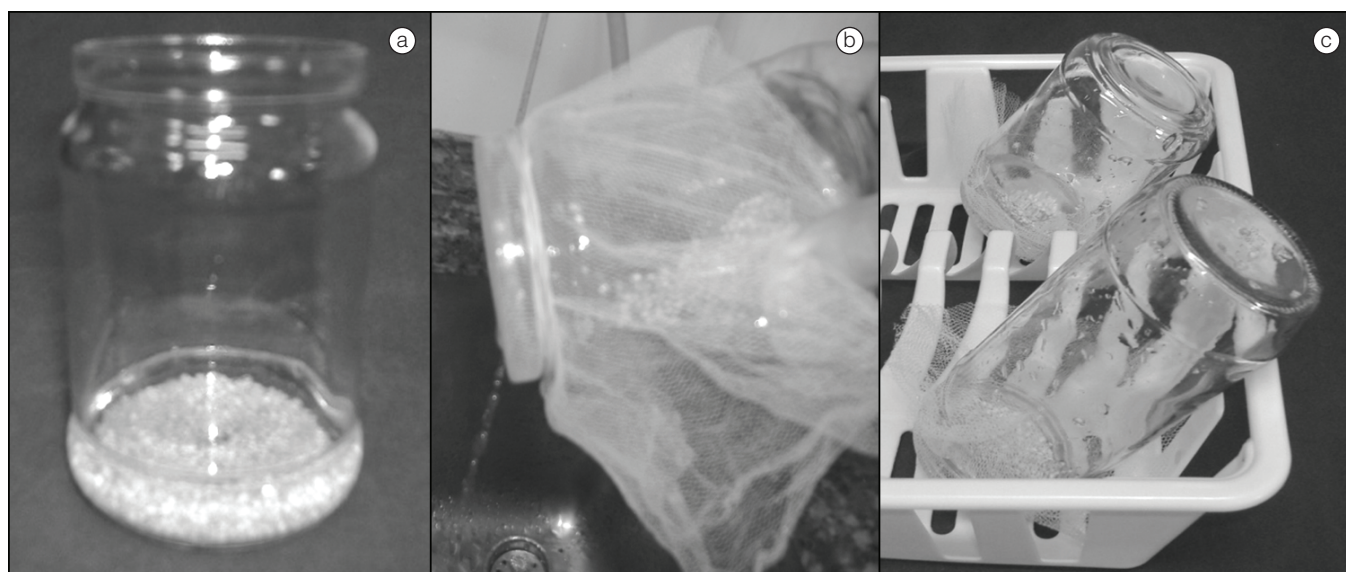
A germinação foi realizada simulando-se procedimento caseiro, adotado por grupos crudivóristas. Uma visualização das principais etapas deste procedimento se encontra na Figura 1, e seus detalhes descritos a seguir. Os grãos foram lavados com água destilada, imersos por 1 minuto em solução de hipoclorito de sódio 0,07% (v/v) e então deixados imersos em água destilada por 8 horas. Após drenagem da água, as sementes foram colocadas em recipientes de vidro com boca larga, sendo a abertura coberta por tecido de trama larga que permite a passagem livre de água e ar. Este recipiente foi mantido invertido, em temperatura ambiente, em local iluminado por luz natural, embora abrigado da incidência direta de raios solares. As sementes foram umedecidas diariamente utilizando-se água destilada. Após 2, 4 e 6 dias de germinação, as amostras foram coletadas (brotos completos), congeladas e liofilizadas. Os germinados liofilizados foram pulverizados em almofariz até passagem por tamiz de 80 mesh, para utilização nos ensaios posteriores.

##### 2.2.4 Tratamentos térmicos

*Cozimento sob fervura*: este tratamento foi realizado simulando-se o procedimento destinado

## Influência da germinação e do processamento térmico na digestibilidade proteica e atividade de inibição de tripsina de grãos de quinoa

AMISTÁ, M. J. M. e TAVANO, O. L.



**Figura 1.** Etapas do processo de germinação dos grãos de quinoa. Imersão dos grãos (a); Drenagem da água através da abertura coberta por tecido de trama larga (b); Recipientes mantidos invertidos (c).

ao consumo e recomendado na própria embalagem do produto comercial, utilizando-se a relação 1:3 de massa de grãos:volume de água destilada. A amostra foi então mantida sob fervura até ser identificada como “cozida”, aos 18 minutos de cozimento dos grãos. Para a amostra “cozida sob fervura após maceração”, o mesmo procedimento acima descrito foi adotado, com inclusão de etapa prévia de maceração, na qual os grãos foram mantidos imersos em água destilada (1:3 m/v) por uma hora, período após o qual a água foi descartada e os grãos drenados encaminhados ao cozimento, como descrito.

*Aquecimento brando:* parte dos grãos foi mantida a 40 °C, e parte a 45 °C, por intervalo de tempo de 30 minutos, em ausência ou em presença de água destilada na mesma proporção utilizada para fervura.

Após cada tratamento térmico, todas as amostras (juntamente com a água do processamento, quando foi o caso) foram imediatamente resfriadas, congeladas e encaminhadas para liofilização para serem utilizadas nos ensaios, após pulverização em almofariz e passagem por tamiz de 80 mesh.

### 2.2.5 Digestibilidade proteica *in vitro*

A digestibilidade *in vitro* foi determinada conforme descrito por Akeson e Stahman (1964), utilizando-se sequência de incubação com pepsina e pancreatina, a 37 °C, por 3 e 24 horas, respectivamente. A reação foi interrompida por adição de ácido tricloroacético, até concentração final de 10%, seguida de centrifugação 7.000 rpm/15 min. O sobrenadante foi utilizado para determinação do grau de hidrólise, calculado pelo

aumento da concentração de amino grupos em solução, como descrito por Church et al. (1983), com uso de reagente OPA (o-phthaldialdehyde). Uma curva analítica de L-leucina foi utilizada como referência. Os resultados foram expressos como percentual em relação ao resultado do grau de hidrólise determinado identicamente para amostra de caseína, considerado como 100%.

### 2.2.6 Atividade de inibidores de tripsina

A atividade de inibidores de tripsina das amostras de quinoa (grãos *in natura*, germinados e tratados termicamente) foi determinada como descrito por Kakade et al. (1974), com uso de reagente BAPNA (benzoyl-DL-arginina-p-nitroanilida) como substrato. Uma unidade de tripsina (UT) foi definida arbitrariamente como o aumento de 0,01 unidade de absorvância a 410 nm por 10,0 mL do meio de reação. Os resultados foram expressos como Unidades de Inibição de Tripsina (UIT) por miligrama de amostra e por miligrama de proteína.

### 2.2.7 Análises estatísticas

Todos os ensaios foram realizados em triplicada. Os resultados foram expressos como média  $\pm$  desvio padrão. Utilizou-se análise de variância (ANOVA) com nível de significância de 5% ( $p \leq 0,05$ ), para comparação entre os resultados, por meio do programa Statistica da Statsoft (2007).

## 3 Resultados e discussão

Os resultados da composição centesimal dos grãos de quinoa estão expressos na Tabela 1. O teor de umidade, lipídeos, cinzas e fibras dos grãos permaneceram dentro



## Influência da germinação e do processamento térmico na digestibilidade proteica e atividade de inibição de tripsina de grãos de quinoa

AMISTÁ, M. J. M. e TAVANO, O. L.

do intervalo percentual descrito por Vilche et al. (2003). Quanto aos resultados para proteínas, alguns autores descrevem variações entre as diferentes variedades e mesmo entre diferentes condições de cultivos. Valencia-Chamorro (2003) citam teores de proteínas de 8 a 22%, e Vilche et al. (2003), de 10 a 18% de proteínas. O resultado para o teor de proteínas encontrado no grão *in natura* foi 11,18%, situando-se dentro das faixas citadas por esses autores, e se aproximando dos dados encontrados em estudo de Lopes et al. (2009) com farinha obtida do grão integral de quinoa produzido no Brasil, em que um valor de 11,52% foi obtido.

Quando o procedimento de germinação foi realizado, observou-se que os grãos de quinoa apresentam rápida capacidade de germinação, sendo possível perceber nitidamente seus brotamentos após as primeiras 12 horas do processo. Após dois dias de germinação, os brotos já apresentavam entre 0,5 e 0,8 cm de altura. A partir de então, a percepção do brotamento, apenas visual, já não apontava para uma velocidade tão alta de crescimento, embora, ao final dos seis dias, houvesse grãos com brotos de cerca de 1,5 cm de comprimento. Na Figura 2, visualizam-se estes grãos germinados.

Embora tenha sido visível a modificação estrutural dos grãos germinados, com relação à sua quantidade de

proteínas por grama de sólidos totais (matéria seca após liofilização), não foram observadas grandes variações. As concentrações de proteínas em base seca foram  $12,33\% \pm 0,20$ ;  $12,61\% \pm 0,24$ ;  $13,23\% \pm 0,01$ , e  $13,35\% \pm 0,20$ , respectivamente, para as amostras de tempo zero, 2, 4 e 6 dias de germinação, com aumento total de concentração proteica de cerca de 8,3% após o sexto dia de germinação. Alguns autores sugerem maiores modificações nos percentuais de proteínas de grãos submetidos à germinação, como Martinez et al. (2011), que, em estudo de germinação de grãos de soja, observaram um aumento de 17,8% de proteínas (em base seca) após 48 horas de germinação. Já Portari et al. (2005) observaram aumento de 5,61% de proteínas em amostras de grão-de-bico, após seis dias de germinação. Este aumento proteico, em especial nos primeiros dias de germinação, pode ser atribuído em parte ao surgimento de novas enzimas, relacionadas ao processo de transformação dos grãos (MARTINEZ et al., 2011). Considerando-se as amostras em base úmida (germinados antes da liofilização), ainda que os percentuais de umidade tenham apresentado um aumento com o decorrer do período de germinação, pouca alteração nos teores de proteínas dos germinados foi observada. Os percentuais de umidade passaram de 9,32%, no tempo zero, para 14,80%, 17,41% e 19,93%, respectivamente, para os tempos de 2, 4 e 6 dias de germinação, enquanto que, para proteínas, o percentual passou de 11,18%, para 10,73%, 10,92% e 10,68%, para os respectivos tempos de germinação.

Na Tabela 2, encontram-se reunidos os resultados de Unidades de Inibição de Tripsina (UIT) determinados para as amostras de quinoa submetidas aos diferentes tratamentos.

Todos os tratamentos realizados colaboraram para a redução da atividade inibitória de tripsina dos grãos, mas aqueles aquecimentos acima de 45 °C parecem exercer maior influência em tais fatores, em especial quando o aquecimento se deu na presença de água, já que, nesta condição, a amostra aquecida a 45 °C apresentou uma atividade de inibição de tripsina cerca de 66% menor do

**Tabela 1.** Composição centesimal dos grãos de quinoa (*Chenopodium quinoa*).

Componentes	Farinha Integral (g/100 g)	
	Base úmida	Base seca
Umidade	9,32 ± 0,12	-
Proteína	11,18 ± 0,23	12,32
Lipídeos	7,35 ± 0,34	8,11
Cinzas	2,03 ± 0,05	2,24
Fibra Bruta	3,04 ± 0,24	3,35
Carboidrato total*	67,08	73,98

\*Estimado a partir da fração NIFEXT, diminuindo-se a soma dos demais componentes de 100.



**Figura 2.** Grãos de quinoa após 2 dias (a), 4 dias (b) e 6 dias (c) de germinação.

## Influência da germinação e do processamento térmico na digestibilidade proteica e atividade de inibição de tripsina de grãos de quinoa

AMISTÁ, M. J. M. e TAVANO, O. L.

**Tabela 2.** Atividade de inibição de tripsina em grãos de quinoa (*Chenopodium quinoa*) submetidos a processos de germinação e diferentes tratamentos térmicos.

Tratamentos	UIT/mg proteína	Atividade residual (%)
Grãos <i>in natura</i>	2,39 <sup>a</sup> ± 0,05	-
Germinados 2 dias	1,01 <sup>b</sup> ± 0,01	42,3
Germinados 4 dias	0,84 <sup>c</sup> ± 0,02	35,1
Germinados 6 dias	0,81 <sup>c</sup> ± 0,01	33,9
Aquecidos com água 40 °C	1,04 <sup>b</sup> ± 0,007	43,5
Aquecidos com água 45 °C	0,28 <sup>d</sup> ± 0,03	11,71
Aquecidos a seco 45 °C	0,82 <sup>c</sup> ± 0,01	34,3
Cozidos ** (sem maceração)	0,18 <sup>e</sup> ± 0,01	7,5
Cozidos** (com maceração 1 h)	0,17 <sup>e</sup> ± 0,01	7,1

\*UIT = Unidades de Inibição de Tripsina. \*\*Cozimento sob fervura, utilizando-se a proporção de 1:3 (m/v), simulando-se procedimento destinado ao consumo e recomendado na própria embalagem do produto comercial. Letras diferentes sobrescritas indicam diferença estatística significativa ( $p \leq 0,05$ ),  $n = 3$ , resultados expressos como médias ± desvio padrão.

que aquela submetida ao mesmo aquecimento, mas em ausência de água. Ainda que estes tratamentos tenham sido brandos, o aquecimento parece ter sido suficiente para proporcionar reações de inativação dos inibidores de proteases, embora o cozimento, em temperatura mais alta, tenha sido o mais efetivo na inativação destes.

Embora a germinação tenha colaborado para a redução de inibidores de proteases nos grãos de quinoa, a maior queda de atividade se deu logo após os primeiros dois dias de germinação (57,7% do valor encontrado para os grãos não germinados), sendo que, após quatro dias de germinação, a redução observada foi de 64,8%, próximo ao valor observado após seis dias (Tabela 2).

Tais modificações positivas na atividade de inibidores de proteases, observadas após a germinação dos grãos de quinoa, parecem não refletir diretamente em melhoria do potencial de hidrólise de suas proteínas, uma vez que as amostras germinadas nos diferentes tempos não demonstraram aumento na digestibilidade proteica, como se observa pelos dados expressos na Tabela 3. Ao contrário, aos primeiros dois dias de germinação, o que se observa é certa redução na digestibilidade em comparação à amostra não germinada, que se mantém naquela digestibilidade referente aos quatro dias de germinação. Já no sexto dia, a digestibilidade da amostra voltou a apresentar um pequeno aumento, retornando então para valores comparáveis ao apresentado pela amostra não germinada.

Dessa forma, de uma maneira geral, seria possível afirmar que a germinação não proporcionou melhoria para a digestibilidade proteica *in vitro* dos grãos de quinoa,

**Tabela 3.** Digestibilidade proteica *in vitro* de grãos de quinoa (*Chenopodium quinoa*) submetidos a processos de germinação e diferentes tratamentos térmicos.

Tratamentos	Digestibilidade proteica*
Grãos <i>in natura</i>	65,43 <sup>a</sup> ± 0,77
Germinados 2 dias	58,88 <sup>b</sup> ± 3,16
Germinados 4 dias	60,19 <sup>bc</sup> ± 2,84
Germinados 6 dias	65,06 <sup>ac</sup> ± 1,59
Aquecidos 40 °C (com água)	70,31 <sup>d</sup> ± 0,55
Aquecidos 45 °C (com água)	76,39 <sup>e</sup> ± 1,37
Aquecidos 45 °C (seco)	77,07 <sup>e</sup> ± 2,32
Cozidos** (sem maceração)	79,88 <sup>e</sup> ± 2,77
Cozidos** (com maceração 1 hora)	85,89 <sup>f</sup> ± 1,35
Macerados 1 hora	77,61 <sup>e</sup> ± 0,54

\*Percentual em relação ao resultado do grau de hidrólise determinado para a amostra de caseína, considerado como 100%. \*\*Cozimento sob fervura, utilizando-se a proporção de 1:3 (m/v), simulando-se procedimento destinado ao consumo e recomendado na própria embalagem do produto comercial. Letras diferentes sobrescritas indicam diferença estatística significativa ( $p \leq 0,05$ ),  $n = 3$ , resultados expressos como médias ± desvio padrão.

embora os níveis de atividade de inibição de tripsina tenham sido reduzidos.

Já os aquecimentos, ainda que os mais brandos, colaboraram para o aumento da digestibilidade proteica (Tabela 3). Comumente, o aquecimento das amostras poderia proporcionar melhoria nas digestibilidades proteicas pela inativação de inibidores de proteases ou alteração das próprias estruturas proteicas. Ao se considerarem as variações entre os resultados observados para as atividades de inibidores de proteases (Tabela 2) e aqueles para digestibilidades proteicas (Tabela 3), não é possível estabelecer uma correlação entre ambos, indicando que a presença dos inibidores não seria a principal influência na digestibilidade. Estes inibidores apresentam baixos níveis na quinoa em comparação a outros grãos e não seriam suficientes para provocar prejuízos à digestão destas proteínas. Dessa forma, a melhoria nos resultados em resposta aos tratamentos térmicos refletiria desnaturações proteicas ocorridas, indicando que as proteínas de quinoa respondem rapidamente ao calor, uma vez que tratamentos térmicos amenos já foram suficientes para proporcionar modificações significativas nos potenciais de hidrólise. O aquecimento a 40 °C/30 min aumentou em cerca de 7,5% a digestibilidade proteica em comparação aos grãos *in natura*, e aqueles grãos aquecidos a 45 °C/30 min alcançaram resultados semelhantes aos encontrados para as amostras que passaram pelo

## Influência da germinação e do processamento térmico na digestibilidade proteica e atividade de inibição de tripsina de grãos de quinoa

AMISTÁ, M. J. M. e TAVANO, O. L.

processo de cozimento sob fervura (Tabela 3). Neste sentido, ainda que a digestibilidade seja apenas um dos aspectos de qualidade proteica, para aqueles que optam por dieta incluindo grãos minimamente processados, de fato, o uso do cozimento do grão sob fervura (considerado tratamento térmico drástico e, assim, rejeitado por consumidores crudivuristas) não se justificaria.

Outra observação interessante diz respeito ao uso de etapa de maceração dos grãos. Quando houve associação entre maceração e aquecimento (amostra macerada por uma hora e então cozida), alcançou-se o melhor resultado de digestibilidade proteica (85,9%). Quando os grãos foram apenas macerados em água destilada e esta água então descartada após 1 h, sem a utilização de qualquer outro processamento, houve aumento de cerca de 18% na digestibilidade proteica dos grãos. Diversos trabalhos já demonstraram que o processo de maceração dos grãos pode provocar a extração de componentes hidrossolúveis, em especial aqueles contidos na casca ou na superfície dos grãos, como taninos, que poderiam prejudicar o aproveitamento proteico (REHMAN e SHAH, 2001; SHI et al., 2009). Além disso, os grãos de quinoa são conhecidos por apresentarem saponinas em sua composição, em especial em sua casca, e estes compostos são sabidamente reduzidos por processo de maceração (KULJANABHAGAVAD et al., 2008; SPARG, 2004; SHI et al., 2009).

### 4 Conclusões

O processo de germinação proposto neste trabalho não proporcionou melhorias na digestibilidade proteica dos grãos de quinoa, embora tenha sido possível verificar uma redução na atividade de inibição de tripsina ao longo da germinação. Já os processos envolvendo tratamento térmico se mostraram efetivos em melhorar aspectos referentes à qualidade proteica dos grãos, uma vez que foram capazes de reduzir a atividade de inibição de proteases e aumentar a digestibilidade proteica, ainda que baixas temperaturas tenham sido utilizadas. Vale ressaltar que, utilizando-se temperatura de apenas 45 °C para tratamento dos grãos, seus valores de digestibilidade proteica foram aumentados a ponto de serem equivalentes ao observado no cozimento tradicional dos grãos, realizado sob fervura, o que pode ser uma observação positiva aos que optam por consumo de grãos minimamente processados.

### Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Ensino e Pesquisa de Uberaba – FUNEPU, pelo suporte financeiro; à Profa Dra. Roseli Aparecida da Silva Gomes, pela disponibilização de recursos do Laboratório de

Bioquímica e Biofísica/ICB/UFTM, e a Christopher Mosley, pela revisão dos textos em inglês.

### Referências

- AKESON, W. R.; STAHMAN, M. A. A. Pepsin-pancreatin digest index of protein quality evaluation. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 83, n. 3, p. 257-261, 1964.
- BADIFU, G. I. O. Effect of Processing on Proximate Composition, Antinutritional and Toxic Contents of Kernels from Cucurbitaceae Species Grown in Nigeria. **Journal of Food Composition and Analysis**, Netherlands, v. 14, n. 2, p. 153-161, 2001. <http://dx.doi.org/10.1006/jfca.2000.0964>
- BRADY, K.; HO, C. T.; ROSEN, R. T.; SANG, S.; KARWE, M. V. Effects of processing on the nutraceutical profile of quinoa. **Food Chemistry**, Oxford, v. 100, n. 3, p. 1209-1216, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.12.001>
- CHURCH, F. C. C.; SWAISGOOD, H. E.; PORTER, D. H.; CATIGNANI, G. L. Spectrophotometric assay using o-phthaldialdehyde for determination of proteolysis in milk and isolated milk proteins. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 66, n. 6, p. 1219-1227, 1983. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(83\)81926-2](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(83)81926-2)
- GULEWICZ, P.; MARTÍNEZ-VILLALUENGA, C.; FRIAS, J.; CIESIOLKA, D.; GULEWICZ, K.; VIDAL-VALVERDE, C. Effect of germination on the protein fraction composition of different lupin seeds. **Food Chemistry**, Oxford, v. 107, n. 2, p. 830-844, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.087>
- HOROWITZ, W. (Ed.). **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 17th ed. Washington: AOAC, 2000. 2200 p.
- KAKADE, M. L.; RACKIS, J. J.; MCGHEE, J. E.; PUSKI, G. Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: a collaborative analysis of an improved procedure. **Cereal Chemistry**, St. Paul, n. 51, p. 376-382, 1974. <http://dx.doi.org/10.1006/j.ccr.1974.001>
- KULJANABHAGAVAD, T.; THONGPHASUK, P.; CHAMULITRAT, W.; WINK, M. Triterpene saponins from *Chenopodium quinoa* Willd. **Phytochemistry**, Oxford, v. 69, n. 9, p. 1919-1926, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.phytochem.2008.03.001>
- LOPES, C. O.; DESSIMONI, G. V.; PINTO, N. A. V. D. Nutritional and non nutritional characterization of quinoa (*Chenopodium quinoa*). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 4, p. 669-675, out./dez. 2009.
- MARTINEZ, A. P. C.; MARTINEZ, P. C. C.; SOUZA, M. C.; BRAZACA, S. G. C. Alterações químicas em grãos de soja com a germinação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, n. 1, p. 23-30, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612011000100004>
- PORTARI, G. V.; TAVANO, O. L.; SILVA, M. A.; NEVES, V. A. Effect of chickpea (*Cicer arietinum* L.) germination on the major



## Influência da germinação e do processamento térmico na digestibilidade proteica e atividade de inibição de tripsina de grãos de quinoa

AMISTÁ, M. J. M. e TAVANO, O. L.

globulin content and *in vitro* digestibility. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 807-812, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612005000400029>

RAMAKRISHNA, V.; RANI, P. J.; RAO, P. R. Changes in anti-nutritional factors in Indian bean (*Dolichos lablab* L.) seeds during germination and their behaviour during cooking. **Nutrition and Food Science**, Bingley, v. 38, n. 1, p. 6-14, 2008. <http://dx.doi.org/10.1108/00346650810847963>

REHMAN, Z. U.; SHAH, W. H. Tannin contents and protein digestibility of Black grams (*Vigna Mungo*) after soaking and cooking. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 56, n. 3, p. 265-273, 2001. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1011162823925>

SANGRONIS, E.; MACHADO, C. J. Influence of germination on the nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* and *Cajanus cajan*. **Food Science and Technology**, Swiss, v. 40, n. 1, p. 116-120, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2005.08.003>

SCHOENLECHNER, R.; SIEBENHANDL, S.; BERGHOFER, E. Pseudocereals. In: ARENDT, E. K.; DAL BELLO, F. **Gluten-Free Cereal Products and Beverages**. London: Academic Press, 2008. cap. 7, p. 149-190.

SHI, J.; XUÉ, S. J.; MAB, Y.; LI, D.; KAKUDA, Y.; LAN, Y. Kinetic study of saponins B stability in navy beans under different processing conditions. **Journal of Food Engineering, Japan**, v. 93, n. 1, p. 59-65, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.12.035>

SPARG, S. G.; LIGHT, M. E.; VAN STADEN, J. Biological activities and distribution of plant saponins. **Journal of**

**Ethnopharmacology**, Yale, v. 94, n. 2-3, p. 219-243, 2004. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2004.05.016>

SPEHAR, C. R. Adaptação da Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) para incrementar a diversidade agrícola e alimentar no Brasil. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 41-62, 2006.

SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B. Agronomic performance of quinoa selected in the Brazilian Savannah. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 6, p. 609-612, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2005000600012>

STATSOFT. **STATISTICA. Data Analysis Software System**. version 8. Tulsa: StatSoft Inc., 2007. 1 CD-ROM.

TAKAO, T.; WATANABE, N.; TUHARA, K.; ITOH, S.; SUDA, S.; TSURUOKA, Y.; NAKATSUGAWA, K.; KONISHI, Y. Hypocholesterolemic effect of protein isolated from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds. **Food Science and Technology Research**, Essex, v. 11, n. 2, p. 161-167, 2005. <http://dx.doi.org/10.3136/fstr.11.161>

VALENCIA-CHAMORRO, S. A. Quinoa. In: CABALLERO, B. **Encyclopedia of Food Science and Nutrition**. Amsterdam: Academic Press, 2003. v. 8, p. 4895-4902.

VILCHE, C.; GELY, M.; SANTALLA, E. Physical properties of quinoa seeds. **Biosystems Engineering**, England, v. 86, n. 1, p. 59-65, 2003. [http://dx.doi.org/10.1016/S1537-5110\(03\)00114-4](http://dx.doi.org/10.1016/S1537-5110(03)00114-4)