

Efeito da extrusão termoplástica no teor de lisina disponível da farinha desengordurada de grão-de-bico (*Cicer arietinum*, L.)

Maria Filomena Claret Fernandes de Aguiar Valim, José Paschoal Batistuti

Departamento de Alimentos e Nutrição, Faculdade de Ciências Farmacêuticas - UNESP, Araraquara SP - Brasil

RESUMO. Amostras de farinha desengordurada de grão-de-bico (*Cicer arietinum*, L.) contendo diferentes teores de umidade inicial (13%, 18% e 27%) foram submetidas ao processo de extrusão termoplástica e, em seguida, foi realizada a avaliação de seus teores de lisina disponível. Foi verificado que o processo de extrusão provocou perda de 58% e 55% na lisina disponível nas farinhas com teores de umidade de 13% e 18%, respectivamente. Na farinha de grão-de-bico com 27% de umidade inicial, a perda de lisina disponível foi de 71%, após o processo de extrusão.

Palavras-chave: Grão-de-bico, extrusão termoplástica, lisina disponível

SUMMARY. Effect of thermoplastic extrusion on lysine availability of chickpea (*Cicer arietinum*, L.) flour. The aim of this research was to evaluate lysine availability of chickpea (*Cicer arietinum*, L.) flour submitted to thermoplastic extrusion at three feed moisture levels (13%, 18% and 27%). It was verified that extrusion treatments reduced available lysine by 58% and 55% at 13% and 18% feed moisture levels. The major lysine loss, 71%, was verified at 27% feed moisture level.

Key-words: Chickpea, thermoplastic extrusion, lysine availability

INTRODUÇÃO

A extrusão termoplástica é uma ferramenta tecnológica de múltiplas aplicações, tanto para o preparo de alimentos prontos (*snacks*, macarrão), como para a produção de novos ingredientes para a indústria de alimentos (amidos modificados, farinhas pré-cozidas para uso em panificação, proteínas vegetais texturizadas).

Ao lado de outros benefícios tecnológicos, comuns a todo processamento térmico, como a destruição de substâncias tóxicas e anti-nutricionais e o aumento da digestibilidade e a inativação de enzimas, a extrusão termoplástica oferece a possibilidade de modificar as propriedades funcionais dos alimentos (1).

No extrusor o alimento é submetido a um processo que combina cisalhamento mecânico e calor que provoca a gelatinização do amido e a desnaturação do material protéico criando novas texturas e formas (2). Outra característica do processo de extrusão é sua versatilidade que permite através de pequenas modificações em seus elementos básicos, a produção de uma ampla variedade de produtos.

Durante a extrusão, a proteína é transformada em estruturas orientadas e fibrosas, que com o movimento helicoidal do extrusor, são depositadas umas sobre as outras e no final da matriz emergem em camadas de fibras como em um músculo.

As proteínas, quando submetidas à processamento térmico, podem sofrer danos causados por diferentes tipos de reação: destruição de aminoácidos por oxidação, modificação de algumas

ligações entre aminoácidos de modo que sua liberação é retardada durante a digestão e, formação de ligações que não são hidrolisadas durante a digestão, provocando perda de disponibilidade biológica (3).

Desta maneira, o objetivo deste trabalho foi avaliar o teor de lisina disponível na farinha de grão-de-bico após o processo de extrusão termoplástica, com diferentes teores de umidade, pois dentre as reações que são favorecidas pelas condições de alta temperatura e cisalhamento empregadas durante a extrusão, destaca-se a reação de Maillard ou reação de escurecimento não-enzimático. Esta reação ocorre através da condensação dos grupos amino livres de aminoácidos (geralmente o grupo ϵ -NH₂ dos resíduos de lisina) e os grupos carbonila de açúcares redutores (glicose, frutose, lactose ou maltose), provocando diminuição do teor de lisina disponível no alimento extrusado (3).

O grão-de-bico ocupa a quinta posição dentre as leguminosas de maior produção no mundo e de acordo com pesquisas realizadas pela Seção de Leguminosas do Instituto Agronômico de Campinas, pode se tornar uma importante opção agrícola para o Estado de São Paulo para semeadura no período de fevereiro a abril.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

Sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum*, L.) variedade «IAC Marrocos», fornecidas pelo Instituto Agronômico de Campinas.

Métodos

Obtenção da farinha desengordurada de grão-de-bico

Após a separação manual de grãos quebrados e impróprios, as sementes de grão-de-bico foram trituradas em moinho de martelo (Máquinas Cordeiro) com peneira de 1,0 mm de abertura. A seguir, a farinha foi desengordurada com éter etílico em extrator Soxhlet.

Condicionamento da farinha para a extrusão termoplástica

Inicialmente, foi determinada a umidade inicial da farinha desengordurada, a seguir, a mesma foi dividida em 3 lotes. Para atingir a umidade desejada (13,18 e 27%, respectivamente para cada lote), foi adicionada água lentamente por aspersão direta sobre a farinha, em constante agitação, em misturador Arno.

As farinhas umidificadas tiveram seu tamanho de partícula uniformizado em peneiras com abertura de 1 mm, e foram armazenadas em sacos plásticos e estocadas em geladeira.

Extrusão termoplástica

O processo de extrusão termoplástica foi conduzido em extrusor de laboratório marca Miotto nas seguintes condições de operação estabelecidas por Batistuti et al. (4): taxa de compressão 4:1; velocidade de rotação do parafuso 200 rpm; diâmetro da matriz 4 mm; temperatura zona de alimentação: 125°C - zona de compressão: 135°C - zona de saída: 115°C e alimentação manual.

Composição da farinha

Umidade, proteína, gordura (extrato etéreo) e cinzas foram determinadas conforme método padrão da AOAC (5). O teor de carboidratos foi determinado por diferença.

Determinação de lisina disponível:

Foi utilizado o método de Kakade & Liener (6) e modificado por Ruiz (7).

Análise estatística:

Os resultados obtidos na determinação do teor de lisina disponível foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de média de Tukey utilizando-se os programas do pacote estatístico SAS (8).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos na determinação da composição centesimal da farinha de grão-de-bico. Os valores de todos os constituintes da farinha estão na mesma faixa daqueles relatados por Chavan & Salunkhe (9) e Avancini et al (10).

Determinação do teor de lisina disponível

O termo lisina disponível ou lisina potencialmente

biodisponível indica a quantidade de lisina utilizada para a manutenção ou crescimento de um novo tecido, após seu consumo por seres humanos ou animais (11,12).

TABELA 1

Composição química aproximada da farinha de grão-de-bico*.

	Farinha Integral (g / 100 g)	Farinha Desengordurada (g / 100 g)
Proteína	14,10 0,48	20,27 1,50
Umidade	16,30 0,23	5,74 0,09
Lipídeos	8,60 0,60	2,90 0,49
Cinza	2,79 0,13	3,46 0,50
Carboidratos	58,21 1,08	67,63 1,86

* Média de determinações em triplicata desvio padrão

A quantificação direta do teor de lisina disponível nos alimentos, pode ser realizada através de ensaios biológicos com animais de laboratório. Este tipo de ensaio, entretanto, é demorado e difícil de ser aplicado para monitoramento de rotina. Métodos químicos, baseados na reação dos grupos ϵ -NH₂ livres da lisina com o ácido 2,4,6-trinitrobenzenosulfônico (TNBS) em meio alcalino, com a produção do complexo ϵ -trinitrofenil (TNP)-lisina quantificado espectrofotometricamente, tem sido empregados para tornar a avaliação de lisina mais rápida e menos dispendiosa.

Dado que o TNBS pode ligar-se a outros grupos além dos ϵ -NH₂, faz-se necessário separar os ϵ -TNP derivados dos outros produtos, principalmente os α -TNP derivados. Neste sentido, deve-se hidrolisar extensamente a proteína após a reação da mesma com o TNBS e, a seguir, separar os produtos obtidos, contando com a vantagem dos ϵ -TNP derivados serem solúveis em água e os α -TNP derivados solúveis em éter etílico.

Na elaboração da curva padrão de hidrocloreto de lisina é necessário inicialmente bloquear o grupo α -NH₂ com Cu²⁺ e depois proceder-se à reação com o TNBS. Caso isto não seja realizado, ocorrerá a formação do α , ϵ -TNP di-derivado, que apresenta alta solubilidade em éter, conduzindo a falsos resultados. Neste trabalho a curva-padrão de hidrocloreto de lisina apresentou coeficiente de correlação de 0,99 e R²= 99,41%.

Os resultados obtidos na determinação dos teores de lisina disponível da farinha desengordurada de grão-de-bico e dos produtos extrusados, estão apresentados na Tabela 2. Pode-se verificar que o processo de extrusão termoplástica da farinha provocou uma perda significativa ($p < 0,0001$) de lisina disponível, entre 55% e 71% para os três produtos extrusados.

Esta perda pode ser visualizada nas Figuras 1 e 2 onde estão apresentados os espectros de absorção do complexo ϵ -trinitrofenil (TNP)-lisina da farinha desengordurada (A) e dos três produtos de extrusão (B, C e D) na faixa de 280 - 580 nm. Pode-se observar no espectro correspondente à farinha desengordurada (A), a presença do pico característico da lisina à 342 nm.

TABELA 2
Perda de lisina disponível durante extrusão termoplástica de
farinha desengordurada
de grão-de-bico.

AMOSTRA	Proteína (%)	Lisina Disponível (g/100 g proteína)	Perda (%)
Farinha Desengordurada	20,27	4,20 ^a	—
Farinha extrusada (13% umidade)	20,89	1,77 ^b	58
Farinha extrusada (18% umidade)	18,02	1,90 ^c	55
Farinha extrusada (27% umidade)	20,61	1,22 ^d	71

a, b, c, d - Números com letras diferentes numa mesma coluna indicam valores estatisticamente diferentes ($p < 0,0001$) entre si.

FIGURA 1
Espectros de absorção do complexo ϵ -trinitrofenil (TNP)-
lisina da farinha desengordurada de grão-de-bico (A) e da
farinha extrusada com 13% de umidade (B)

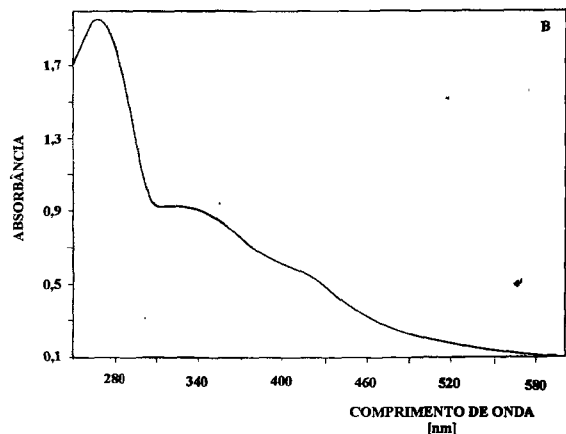
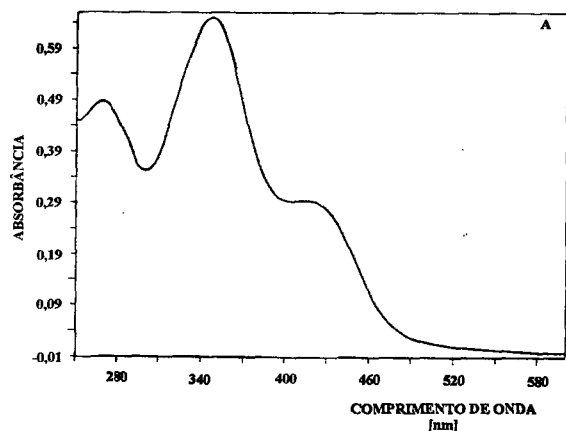
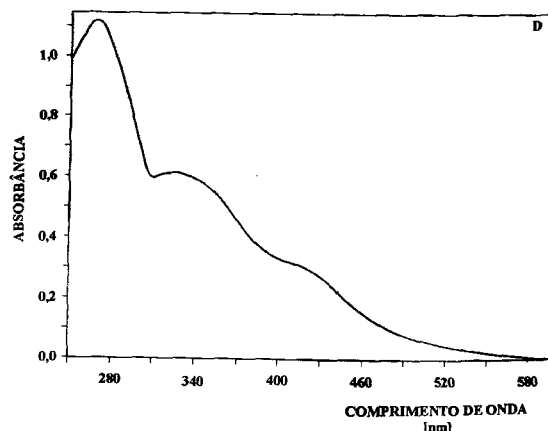
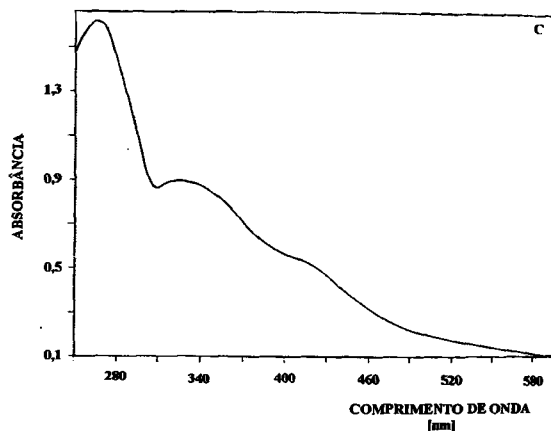


FIGURA 2
Espectros de absorção do complexo ϵ -trinitrofenil (TNP)-
lisina da farinha extrusada com 18% de umidade (C) e com
27% de umidade (D)



A diminuição no teor de lisina disponível foi também verificada por outros pesquisadores na extrusão de farinha de cereais e misturas de cereais e leguminosas (1).

De acordo com Cheftel (1) e Camire et al (3), os mecanismos envolvidos na perda de lisina disponível durante o processo de extrusão estão relacionados com as altas temperaturas empregadas no processo ($> 180^{\circ}\text{C}$) e cisalhamento (> 100 rpm) em combinação com o baixo teor de umidade do material a ser extrusado ($< 15\%$). Estes fatores são também responsáveis pela alteração das propriedades funcionais já verificadas após o processo de extrusão (13).

Uma das hipóteses apresentadas por Cheftel (1), para os mecanismos envolvidos na perda de lisina disponível durante o processo de extrusão propõe que em farinhas com teores de umidade mais baixos, os danos à lisina podem ser explicados

pelo aumento localizado da temperatura aliado às forças de cisalhamento no extrusor, que em conjunto com efeitos mecânicos provocariam a clivagem de ligações glicosídicas do amido ou de outros oligossacarídeos, favorecendo a reação de Maillard.

No presente trabalho, a extrusão da farinha com 13% de umidade provocou perda de lisina significativamente maior que no produto extrusado com 18% de umidade. Estes resultados mostram que o aumento da umidade inicial da farinha a ser extrusada, reduz a perda de lisina disponível após o processamento, pelo efeito do íon comum, uma vez que, a água é um dos produtos formados pela reação de Maillard.

Entretanto, na farinha extrusada com 27% de umidade, verificou-se perda porcentual de lisina disponível maior (71%). Este produto apresentou também coloração mais escura, evidenciando a ocorrência de reação de Maillard. Pham e Del Rosario, citados por Camire et al (3) também verificaram expressivas perdas de lisina disponível em farinhas de leguminosas submetidas ao processo de extrusão quando o teor inicial de umidade das farinhas era aumentado e a temperatura mantida constante.

Os resultados obtidos neste trabalho demonstram que, a farinha de grão-de-bico pode ser utilizada para a obtenção de produtos extrusados, desde que as condições empregadas no processo sejam controladas evitando que a umidade da matéria-prima seja muito elevada ou muito baixa. Deve-se ressaltar, entretanto, que a expressiva perda de lisina disponível após o processo de extrusão termoplástica não invalida a proposta do processo como alternativa tecnológica para o consumo de grão-de-bico, já que produtos extrusados na forma de *snacks* são bastante apreciados e populares. Segundo Cheftel (1), os conhecimentos dos mecanismos envolvidos no processo de extrusão e a utilização de melhores equipamentos contribuirão para otimizar tanto a qualidade organoléptica como nutricional dos produtos extrusados.

AGRADECIMENTO

Este trabalho foi realizado com recursos do programa PADC/FCF - UNESP Araraquara, SP, Brasil.

REFERÊNCIAS

1. Cheftel JC. Nutritional effects of extrusion - cooking. *Food Chem.* 1986;20:263-83.
2. Harper JM. Extrusion processing of food. *Food Technol.* 1978; 32:67-72.
3. Camire ME, Camire A, Krumhar K. Chemical and nutritional changes in foods during extrusion. *CRC Crit Rev Food Sci Nutr.* 1990; 29:35-57.
4. Batistuti JP, Barros RMC, Arêas JAG. Optimization of extrusion cooking process for chickpea (*Cicer arietinum*, L.) defatted flour by response surface methodology. *J Food Sci.* 1991; 56:1695-8.
5. Association of Official Analytical Chemists. *Official methods of analysis.* 15th ed. Washington, DC, 1990.
6. Kakade ML, Liener IE. Determination of available lysine in proteins. *Anal Biochem.* 1969; 27:273-80.
7. Ruiz W. *Proteólise do resíduo do extrato hidrossolúvel de soja.* Campinas, 233p. Tese (doutorado) Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola UNICAMP, 1985.
8. SAS Institute. *SAS Users Guide: statistics.* Cary, USA: SAS Inst., 1993.
9. Chavan JK, Salunkhe DK. Biochemistry and technology of chickpea (*Cicer arietinum*, L.) seeds. *CRC Crit Rev Food Sci Nutr.* 1986; 25:107-58.
10. Avancini SRP, Sales AM, Aguirre JM, Mantovani DMB. Composição química e valor nutricional de cultivares de grão-de-bico produzidos no Estado de São Paulo. *Col Ital* 1992; 22:145-53.
11. Carpenter KJ. Damage to lysine in food processing: its measurement and its significance. *Nutr Abstr Rev.* , 1973; 46:423-51.
12. Sgarbieri VC. *Alimentação e Nutrição.* Campinas: Editora da Unicamp, 1987.
13. Valim MFCFA, Batistuti JP. Functional properties of defatted chickpea (*Cicer arietinum*, L.) flour as influenced by thermoplastic extrusion. *Alim Nutr.* 1998; 9:65-75.

Recibido: 09-07-1999

Accepted: 04-05-2000