

Avaliação das características físico-químicas e microbiológicas dos componentes fibrosos obtidos da moagem úmida de grãos de milho

Physical-chemical and microbiological characteristics of fibrous components obtained from corn wet milling

RIALA6/1528

Camila Mattos ROCHA-OLIVIERI¹*, Ana Carolina CONTI-SILVA², José Francisco LOPES-FILHO³

*Endereço para correspondência: ¹Laboratório de Bioquímica e Propriedades Funcionais dos Alimentos, Departamento de Nutrição, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, Avenida Dr. Arnaldo, 715, São Paulo, SP, Brasil, CEP: 01246-904. Tel.: (11) 3061-7705. E-mail: camilamattosrocha@yahoo.com.br

²Laboratório de Análise Sensorial, Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", São José do Rio Preto, SP, Brasil.

³Laboratório de Moagem Úmida, Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", São José do Rio Preto, SP, Brasil.

Recebido: 02.10.2012 – Aceito para publicação: 28.12.2012

RESUMO

As fibras são materiais não digeríveis pelo organismo humano e insolúveis em condições específicas. A fibra do milho tem sido utilizada como componente alternativo para enriquecer produtos alimentícios destinados ao consumo humano, com o intuito de agregar valor a esse coproduto. No presente estudo foram determinadas as características químicas e as frações componentes de fibras de milho, extraídas por moagem úmida, em laboratório (FLab), e moagem semiúmida, em processo industrial (FInd); neste último produto foi realizada análise microbiológica. A composição das fibras diferiu estatisticamente entre ambas as amostras ($p < 0,05$) quanto aos teores de umidade, cinzas, lipídeos, proteínas, fibra alimentar insolúvel, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose e lignina. A amostra FInd demonstrou parâmetros microbiológicos em conformidade com as especificações adequadas para o consumo. As fibras de milho estudadas podem contribuir efetivamente para o aumento do aporte de fibras na dieta alimentar. Em vista da fibra obtida pelo FInd ter demonstrado parâmetros microbiológicos em conformidade com as especificações para alimentos, esse componente poderá ser incorporado na formulação de produtos alimentícios.

Palavras-chave. coproduto, fibra alimentar, milho, moagem úmida.

ABSTRACT

Fibers are non-digestible materials by human organism, and they are insoluble in specific conditions. The corn fiber has been used as an alternative to enrich the food products for human consumption, in order to add nutritious value to this co-product. This study aimed at determining the chemical and fractions components of corn fiber, extracted by semi-wet milling in laboratory (LabF), and by semi-humid milling in industrial process (IndF); and microbiological analyses were performed in the last fraction. The fiber composition differed significantly among these two products as to moisture, ash, lipids, proteins, insoluble dietary fiber, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), cellulose and lignin contents. The sample IndF showed microbiological parameters in compliance with the specifications for consumption. The investigated corn fiber may effectively contribute to increase the fiber intake in the diet. As the industrially processed fiber (IndF) showed compliant microbiological parameters with the specifications for food, this component might be incorporated into the food products formulation.

Keywords. co-products, corn, dietary fiber, wet milling.

INTRODUÇÃO

O milho é um produto agrícola largamente utilizado na alimentação humana e animal, consistindo uma importante fonte energética para o homem. Durante seus processos de industrialização, conserva sua casca, que é rica em fibras, fundamental para a eliminação das toxinas do organismo humano. Além das fibras, o grão de milho é constituído de carboidratos, proteínas, vitaminas (complexo B), minerais (ferro, fósforo, potássio, cálcio) e óleo¹.

A moagem úmida do milho envolve transformações químicas, bioquímicas e operações mecânicas, com o objetivo de separar o grão em frações relativamente puras, chamados de coprodutos da moagem, que são o germe, amido, fibra e glúten. A fibra e o glúten, devido ao baixo valor, vêm sendo utilizados basicamente em formulações para ração animal^{2,3}.

A American Association of Cereal Chemistry⁴ definiu fibra alimentar como sendo a “parte comestível de plantas ou carboidratos análogos, que são resistentes à digestão e absorção no intestino delgado, com fermentação completa ou parcial no intestino grosso. Incluem também polissacarídeos, oligossacarídeos, lignina e substâncias associadas a vegetais”.

Estudos epidemiológicos indicam a relação entre a ausência de fibras na dieta e muitas doenças como câncer de cólon, diabetes, hipercolesterolemia, diverticulite, constipação intestinal, obesidade e cálculos biliares. Dentre os efeitos benéficos das fibras, podemos citar o prolongamento do tempo de esvaziamento gástrico, diminuição do nível de glicose sérica, aumento da taxa de excreção de ácidos biliares, aumento do peso fecal e da sua capacidade de ligação à água^{5,6}.

A elaboração de produtos utilizando os coprodutos da moagem do milho que possuem menor valor agregado permitirá melhor aproveitamento e melhores alternativas de uso. Para tanto, é necessário conhecer suas características químicas e higiênico-sanitárias.

Os objetivos deste estudo foram obter a composição química da fibra do milho, determinar suas frações componentes em termos de fibra alimentar total, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose e lignina, além da verificação da qualidade microbiológica do produto.

MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi conduzida e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do IBILCE/UNESP, com protocolo de aprovação nº 0028.0.229.000-09.

Foi utilizada para realização das análises, a fibra de milho fornecida por indústria de processamento (FInd) (Corn Bran Flour-R[®]) e comparando-se os resultados com a fibra de milho extraída por processo de moagem úmida em laboratório (FLab). Ambas foram moídas em moinho de discos para cereais e peneiradas em peneira com abertura de 25 mesh (0,71 mm), para padronização da granulometria.

Para a composição centesimal, realizaram-se as análises de umidade, proteínas, lipídeos, cinzas, de acordo com metodologias propostas pela AOAC⁷ e carboidratos disponíveis estimados por diferença. A fibra alimentar solúvel e insolúvel foi determinada pelo método enzimático gravimétrico proposto por Prosky et al.⁸, no qual é realizada digestão enzimática sequencial de α -amilase termoestável, protease e amiloglicosidase em tampão fosfato, sendo a fibra alimentar total obtida pela soma das frações insolúvel e solúvel. Para determinação das frações da fibra (FDN, FDA, celulose, hemicelulose e lignina), utilizou-se a metodologia proposta por Van Soest e Wine⁹, método utilizado para determinar, em uma amostra de alimento, o resíduo resultante da extração durante 60 minutos em solução em ebulição de detergente neutro e detergente ácido.

A análise microbiológica da FInd foi realizada de acordo com a legislação vigente para farelo e fibras de cereais, RDC nº 12/2001¹⁰, e seguiu-se metodologia recomendada por Silva et al.¹¹. Foi realizado o monitoramento dos bioindicadores coliformes totais e termotolerantes a 45 °C/g, dos micro-organismos *Salmonella* spp./25g, *Bacillus cereus*/g, além da pesquisa de *Staphylococcus* coagulase positiva, que não é preconizada pela legislação RDC, mas foi analisada por medida de precaução, devido ao fato de ser um produto processado manualmente.

Análise estatística dos dados

Os dois tipos de fibras (FInd e FLab) foram avaliados e comparados um com o outro. Três repetições foram tratadas como blocos, e as médias dos dados da análise química e das frações das fibras foram comparadas pelo teste *t* de Student. As diferenças foram consideradas significativas para $p < 0,05$. Todas as análises foram realizadas com o programa Minitab^R, versão 16.1.0.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observado que a umidade das fibras (FInd = 8,9 e FLab = 9,9) (Tabela 1) diferiu significativamente, sendo obtidos valores superiores ao encontrado por Noureddini e Byun¹², que observaram 5,3% para fibra de milho industrial. As diferenças entre os valores devem-se, provavelmente, às condições diferentes de temperatura e umidade relativa durante o armazenamento para cada amostra.

Tabela 1. Composição centesimal (média \pm desvio padrão) de fibras de milho obtidas do processamento industrial e de fibras extraídas por moagem úmida em laboratório

Componente	Fibra de milho industrial (FInd)	Fibra de milho de laboratório (FLab)
Umidade (%)	8,9 \pm 0,03 ^b	9,9 \pm 0,12 ^a
Cinzas (%)	1,6 \pm 0,13 ^a	0,6 \pm 0,06 ^b
Lipídeos (%)	3,6 \pm 0,03 ^a	0,9 \pm 0,02 ^b
Proteínas (%)	6,1 \pm 0,09 ^b	12,2 \pm 0,16 ^a
Fibra alimentar total ¹ (%)	82,1	50,6
Fibra alimentar insolúvel (%)	81,8 \pm 2,21 ^a	50,5 \pm 1,35 ^b
Fibra alimentar solúvel (%)	0,2 \pm 0,00 ^a	0,1 \pm 0,00 ^a
Carboidratos disponíveis ² (%)	6,6	35,7

Resultados expressos em base seca (g.100 g⁻¹), exceto a umidade, expressa em base úmida. ¹Determinada pela somatória das fibras alimentares solúvel e insolúvel, por isso não apresenta o teste de comparação de médias. ²Determinados por diferença. ^{a, b}Médias seguidas de letras diferentes, em cada linha, diferem entre si pelo Teste *t* de Student ($p \leq 0,05$).

A fibra de milho extraída em laboratório apresentou maior teor proteico (12,2%) do que a industrial (6,1%) ($p < 0,05$). Essa diferença está relacionada com o processo artesanal de extração em laboratório, de modo que na separação das frações permanece um residual de outros componentes na porção fibrosa. Tanto o conteúdo proteico da amostra industrial quanto o da fibra de laboratório foram superiores ao encontrado por Paes¹³, que verificou 2,6% de proteínas em pericarpo de milho. Além da contaminação residual de outros coprodutos (como a proteína) nessas frações em função do método de separação dos componentes, a fibra industrial (FInd) pode apresentar, também, partes do endosperma e camada de aleurona, ricas em proteínas e enzimas, que desempenham papel importante no processo de germinação¹.

O teor mineral para FLab foi de 0,6%, evidenciando que em torno de 37% dos minerais do grão

encontram-se na porção fibrosa. O teor mineral de cereais é influenciado pelas condições de cultivo, incluindo fertilização e condições do solo, e de processamento¹⁵. Assim, a composição dos produtos derivados do milho depende de quais partes do grão os produtos incluem. O maior teor de cinzas encontrado para a fibra industrial (1,6%) pode ser também reflexo da incorporação da camada de aleurona, que se situa logo abaixo do pericarpo, e parte do gérmen, onde os minerais são mais concentrados.

A porcentagem de lipídeos (3,6%) na FInd diferiu significativamente do teor de FLab (0,9%), como pode ser observado na Tabela 1. As principais razões dessa diferença provavelmente estejam relacionadas ao método de obtenção da fibra industrial, normalmente realizada por moagem semiúmida e nas diferentes características genotípicas das matérias-primas, além da possível incorporação, durante o processo de moagem, de parte do gérmen e camada de aleurona, que possuem maiores teores de lipídeos.

Quanto aos teores de fibra alimentar total, as amostras diferiram significativamente entre si (FInd = 82,1% e FLab = 50,6%). Para a fibra insolúvel, as amostras também diferiram (FInd = 81,8% e FLab = 50,5%). Os resultados para fibra solúvel foram estatisticamente iguais (FInd = 0,2% e FLab = 0,1%). O conteúdo de fibra alimentar insolúvel foi predominante em relação ao de fibra alimentar solúvel, tanto na FInd quanto na FLab. Esses achados corroboram com resultados encontrados por Cherbut et al.¹⁴, que verificaram somente fibra insolúvel em farelo de milho.

Com esses dados, verifica-se que a fibra alimentar das amostras em estudo (FInd e FLab) é composta quase que em sua totalidade de fibra insolúvel. As variações observadas em relação à fibra alimentar solúvel, insolúvel e total nas FInd e FLab podem ser justificadas por fatores associados à variedade genética, condições ambientais e a própria estrutura do grão de milho de onde foram extraídas as fibras, o que influencia de forma significativa a composição do grão.

Com relação à composição das frações componentes da fibra (Tabela 2), tem-se a fração FDN constituída por celulose, hemicelulose, lignina e proteína lignificada, e a fração FDA, que corresponde à porção menos digerível da parede celular, constituída na sua quase totalidade de lignocelulose, ou seja, celulose e lignina.

Tabela 2. Composição das frações componentes (média \pm desvio padrão) de fibra de milho industrial, fibra de milho extraída em laboratório e fibra de milho (dados de literatura)*

Composição	Fibra de milho industrial ³ (FInd)	Fibra de milho de laboratório (FLab)	Fibra de milho industrial*
FDN ¹ (%)	85,6 \pm 3,09 ^a	64,8 \pm 4,15 ^b	-
FDA ² (%)	5,8 \pm 0,01 ^b	11,7 \pm 0,21 ^a	-
Hemicelulose** (%)	66,8	53,1	38,8 \pm 0,4
Celulose (%)	7,6 \pm 0,04 ^a	3,1 \pm 0,43 ^b	13,0 \pm 0,2
Lignina (%)	6,8 \pm 0,13 ^b	10,7 \pm 0,15 ^a	7,5 \pm 0,3

*Fonte: Nouredini; Byun, 2010. ¹Fibra em detergente neutro. ²Fibra em detergente ácido. ³Corn Bran Flour-R'. **Determinada por diferença por isso não apresenta o teste de comparação de médias. ^a, ^bMédias seguidas de letras diferentes, em cada linha, diferem entre si pelo teste *t* de Student ($p \leq 0,05$).

Pela metodologia usada na determinação da FDN, foi possível separar o conteúdo intracelular, ou constituintes solúveis, da fração correspondente aos constituintes da parede celular, formada basicamente de celulose, hemicelulose, lignina e proteína lignificada. Verificou-se que as amostras diferiram significativamente quanto às frações FDN e FDA e também quanto aos teores de celulose e de lignina.

Houve predominância dos constituintes da parede celular (fração insolúvel) na fibra derivada do processo industrial (FInd) e na fibra derivada da moagem úmida em laboratório (FLab). FInd apresentou 85,6% da fração de constituintes da parede celular, enquanto em FLab o teor foi menor: 64,8%. Esses resultados são similares aos de Blanco-Metzler et al.¹⁵, que encontraram predominância da fração insolúvel (24%) em fibra de milho industrial.

Assim, a partir da porcentagem dos constituintes da parede celular (FDN) e (FDA) do material analisado, foi calculada a fração de hemicelulose, pela diferença entre as frações. FInd apresentou maior teor de hemicelulose (66,8%) comparada com a FLab (53,1%).

Ainda na Tabela 2, pode ser observado que o percentual de hemicelulose encontrado foi maior do que o de celulose e lignina, nas amostras de FInd e FLab, assim como também reportado por Nouredini e Byun¹².

Os resultados das análises microbiológicas mostraram que os parâmetros encontram-se dentro dos limites permitidos pelo Padrão Federal¹⁰ para cada tipo de micro-organismo analisado, ou seja, todas as amostras estavam com contagens abaixo do máximo estabelecido pela legislação vigente. Verificou-se para *Staphylococcus aureus* (ou coagulase positiva), que foi analisado por razões de segurança sanitária devido à manipulação do produto, um valor de < 100 Unidades Formadoras de

Colônia por grama (UFC/g) de amostra analisada. Para coliformes totais, < 3 Número Mais Provável por grama (NMP/g) de amostra analisada, mas a resolução não estabelece padrão para esses micro-organismos nesse tipo de amostra. Já para os coliformes termotolerantes, verificou-se < 3 NMP/g e o valor de referência permitido seria de até 5×10^2 NMP/g. Com relação à *Escherichia coli*, notou-se ausência deste micro-organismo, mas a resolução também não estabelece padrão para estes nesse tipo de amostra. Observou-se ainda ausência de *Salmonella* spp., e o valor de referência permitido é a ausência em 25 g de amostra, e, finalmente, encontrou-se < 100 UFC/g de *Bacillus cereus*, sendo o valor de referência permitido de até 5×10^3 UFC/g de amostra analisada.

Assim, verifica-se que as condições higiênicas sanitárias da matéria-prima, do seu processamento e da sua estocagem são satisfatórias, permitindo o seu uso para a incorporação em produtos alimentícios, tais como barras de cereais.

CONCLUSÃO

As fibras de milho FInd e FLab estudadas podem contribuir efetivamente para o aporte de fibras na dieta alimentar, com predominância dos constituintes da parede celular, ou seja, fração insolúvel. São fontes de proteínas, lipídios e fibra alimentar, e por serem ricas em fibra são consideradas produtos funcionais e, assim, podem ser utilizadas na alimentação humana. A amostra analisada de FInd apresentou parâmetros microbiológicos dentro das especificações, podendo ser utilizada para a incorporação em produtos alimentícios, sem acarretar prejuízos higiênico-sanitários ao consumidor.

AGRADECIMENTOS

À Capes, pela bolsa de estudos, e à “Integrada Cooperativa Agroindustrial”, por ceder o produto “Corn Bran Flour-R” para as análises.

REFERÊNCIAS

1. Watson SA. Structure and Composition. In: White P, Johnson LA, orgs. Corn: Chemistry and Technology. St. Paul: American Association of Cereal Chemists; 1991. p. 53-82.
2. Singh N, Eckhoff SR. Wet milling of corn – a review of laboratory – scale and pilot plant – scale procedures. *Cereal Chem*. 1996;73(6):659-67.

3. Rose DJ, Inglett GE, Liu SX. Utilization of corn (*Zea mays*) bran and corn fiber in the production of food components. *J Sci Food Agric*. 2010;90(6):915-24.
4. AACC. American Association of Cereal Chemists. AACC Report. Dietary fiber technical committee. The definition of dietary fiber. *Cereal Foods World*. 2001;46(3):112-26.
5. Trowell H, Burkitt D, Heaton K. Dietary fibre, fibre-depleted foods and disease. London: Academic Press; 1985.
6. Stewart ML, Nikhanj SD, Tim DA, Thomas W. Evaluation of the effect of four fibers on laxation, gastrointestinal tolerance and serum markers in healthy humans. *Ann Nutr Metab*. 2010;56(2):91-8.
7. AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of the association of analytical chemistry. 12. ed. Washington (DC); 1992.
8. Prosky L, Asp NG, Schweizer TE, De Vries JW, Furda I. Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in foods and food-products – Interlaboratory study. *J AOAC*. 1988;71(5):1017-23.
9. Van Soest PJ, Wine RH. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. 4. Determination of plant cell wall constituents. *J AOAC*. 1967;50:50-5.
10. Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Aprova Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos e seus anexos I e II. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília (DF)*; 10 jan 2001; Seção 1(7-E):45.
11. Silva N, Junqueira VCA, Silveira NFA. Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos. São Paulo: Varela; 2001.
12. Nouredini H, Byun J. Dilute-acid pretreatment of distillers' grains and corn fiber. *Biores Technol*. 2010;101:1060-7.
13. Paes MCD. Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho. Circular Técnica, 75. Sete Lagoas (MG): Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Embrapa; 2006.
14. Cherbut C, Aube AC, Mekki N, Dubois C, Lairon D, Barry JL. Digestive and metabolic effects of potato and maize fibres in human subjects. *Br J Nutr*. 1997;77:33-46.
15. Blanco-Metzler A, Montero CMA, Fernández PM. Chemical composition of food products derived from wheat and corn produced in Costa Rica. *Arch Latinoam Nutr*. 2000;50:91-6.