

CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSAMENTO DA FARINHA DE MILHO BIJU PARA O APROVEITAMENTO DOS SUBPRODUTOS

CHARACTERIZATION OF BIJU-TYPE CORNMEAL PROCESSING FOR BYPRODUCT UTILIZATION

Mauro Osni Alessi¹, Dorivaldo da Silva Raupp², José Raulindo Gardingo³

¹ Universidade Estadual de Ponta Grossa, Campus Uvaranas, Departamento de Agronomia, Ponta Grossa, PR

² Autor para contato: Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG, Campus Uvaranas, Departamento de Engenharia de Alimentos, Ponta Grossa, PR, Brasil; (42) 220-3083; e-mail: raupp@uepg.br

³ Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG, Campus Uvaranas, Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade, Ponta Grossa, PR

Recebido para publicação em 25/08/2003

Aceito para publicação em 07/11/2003

RESUMO

A industrialização da farinha de milho biju (FMB) resulta em subprodutos (farelos de milho) durante a moagem do grão, os quais são usualmente destinados à alimentação animal. A proposta da pesquisa foi determinar o rendimento de subprodutos produzidos por uma fábrica de farinha de milho, caracterizar a composição nutricional e a granulometria dos subprodutos, tendo por fim o aproveitamento como fonte de fibra alimentar para a alimentação humana. Os subprodutos - Farelo 1, Farelo 2 e Farelo 3 - obtidos de processamento a partir de 100kg de milho, apresentaram rendimento igual a - 13,8%, 6,6% e 12,3% - respectivamente, somando um total de 32,7%. O Farelo 3A, fracionado por peneiramento a partir do Farelo 3, foi o subproduto de maior teor (54,31%) de fibra alimentar, superior a concentração estimada para o farelo de trigo (43,64%), uma fonte fibrosa já consagrada na alimentação humana. O Farelo 3A pode, por isso, se constituir em fonte potencial de ingrediente para a formulação de alimentos fibrosos. A aplicação, nos subprodutos, de processo para hidrólise enzimática/extração dos nutrientes remanescentes, carboidratos digestíveis e lipídeos, que são tipicamente calóricos, é recomendada para aumentar neles, ainda mais, a concentração do nutriente fibra alimentar.

Palavras Chave: *Zea mays*, agroindústria do milho, subprodutos, farelo, fibra alimentar

ABSTRACT

Biju-type cornmeal (BCM) industrialization yields byproducts (corn brans)

during grain grinding, which are usually destined for animal feeding. The aim of this research was to determine the yield of byproducts generated by a corn flour plant, and characterize their nutritional composition and granulometry in order to utilize them as sources of dietary fiber in human nutrition. Three byproducts - Bran 1, Bran 2 and Bran 3 - obtained from the processing of 100kg corn, had a yield of 13.8%, 6.6% and 12.3% respectively, with a total yield of 32.7%. Bran 3A, a byproduct fractionated by sifting from Bran 3, was the byproduct with the highest content (54.31%) of dietary fiber, even higher than the estimated fiber concentration in wheat bran (43.64%), a fiber source already well established in human nutrition. For this reason, Bran 3A can be utilized as a potential ingredient source for the formulation of fibrous foods. The application of an enzymatic hydrolysis/extraction process to the byproducts, targeted at extracting nutrients such as digestible carbohydrates and lipids, which are typically caloric, could be recommended to increase even more their contents of nutrient dietary fiber.

Key words: *Zea mays*, corn agricultural industry, byproducts, corn bran, dietary fiber

1. Introdução

O milho é o cereal que possui o maior número de produtos industrializados. É utilizado, não somente na alimentação animal e humana, mas também nas indústrias farmacêutica, bélica e aérea. Tem sido consumido pelos povos americanos desde o ano 5 mil a.C., e foi a alimentação básica de várias civilizações importantes ao longo dos séculos. Os Maias, Astecas e Incas reverenciavam o cereal na arte e religião, sendo que grande parte de suas atividades diárias eram relacionadas ao seu cultivo. Com a descoberta da América e as grandes navegações do século XVI, a cultura do milho se expandiu para outras partes do mundo e, hoje, é consumido em todos os continentes (Abimilho, 2002; Pinazza, 1993). Ocupa o segundo lugar dentre os cereais mais produzidos no mundo, superado apenas pelo trigo, e, tal importância não se restringe apenas ao fato de ser produzido com facilidade e em larga escala, mas, também pelo valor sócio-econômico que a cultura representa (Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985).

Esta gramínea constitui um dos principais insumos para o segmento produtivo de cadeias pecuaristas, é utilizada com destaque no arraçamento de animais, em especial na suinocultura, na bovinocultura de leite e na avicultura, tanto na forma *in natura* como na forma de farelos e silagens. No Paraná, essa demanda representa 45% do total produzido, mas, no Brasil, cerca

de 82% do milho produzido é consumido sob a forma de ração (Abimilho, 2002; Godoy, 2002).

O milho não está integrado ao hábito alimentar de toda a população brasileira, tendo sido quase totalmente desbancado pelo trigo a partir do término da Segunda Grande Guerra. Apenas cerca de 15% da produção nacional se destina ao consumo humano, portanto, não é explorado o grande potencial que apresenta para obtenção de uma gama enorme de produtos através de uma industrialização ampla e sofisticada, tal qual em países desenvolvidos (Abimilho, 2002; Almeida, 1993). O consumo de milho pela indústria paranaense no período de 1993/1994 a 2000/2001 pouco variou, resultou um acréscimo de 9% (Godoy, 2002). Esse baixo consumo se deve principalmente à não priorização de pesquisas com propósito de aumentar o seu aproveitamento na alimentação humana, bem como à pouca divulgação de suas propriedades nutricionais (Abimilho, 2002; Almeida, 1993).

Na alimentação humana, é comumente consumido como milho verde (*in natura*), produto farináceo, constitui ingrediente básico para uma série de produtos industrializados formulados, criando e movimentando, por isso, grandes complexos industriais e gerando milhares de empregos, como ocorre também na atividade agrícola, ou seja, na produção propriamente dita (Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985). A farinha de milho biju (FMB), por apresentar sabor peculiar, se constitui em produto consumido por todas

as classes sociais, sendo a base energética de muitos pratos típicos dos brasileiros. Também, por resultar em preço atrativo (R\$.kg⁻¹ = 0,80 a 1,00), é consumida principalmente pela classe de baixa renda (Abimilho, 2002).

Segundo Almeida (1993), nos EUA o milho destinado à industrialização atinge, em contraste com o Brasil, volumes extraordinários, sendo que processos altamente sofisticados são aplicados para transformar este cereal em vários produtos alimentícios, bem como em outros produtos não alimentícios. Cerca de 80 milhões de toneladas são industrializadas anualmente nos EUA, destas, 20 milhões para a obtenção de frutose. No Brasil, apesar das recentes mudanças no perfil de comercialização do milho, pouco avanço tem ocorrido no setor de industrialização desse grão, pois seu aproveitamento não é completo e a gama de produtos é ainda restrita. Apenas uma pequena parcela da produção é processada pelas indústrias para consumo humano. Um total de 40% da produção permanece nas propriedades rurais e 60% é comercializado. Apesar disso, parte desses 60% são transformadas em rações para animais e muito pouco é destinado à produção de alimentos para uso humano. Almeida (1993) concluiu que essa situação, com certeza, representa uma das componentes que concorrem para a estagnação da cultura do milho no Brasil, pois o produto é pouco industrializado, logo, é pouco valorizado.

O grão de milho é classificado botanicamente como uma cariopse. Apresenta basicamente três partes (Figura 1): o pericarpo, endosperma e o embrião. O pericarpo é a camada fina e resistente que constitui a parede externa da semente, é rica em fibra. O endosperma é a parte mais volumosa do grão, é envolvido pelo pericarpo e constituído de substância de reserva, basicamente o amido. A porção mais externa do endosperma e em contato com o pericarpo denomina-se camada de aleurona, rica em proteínas e enzimas que desempenham papel importante no processo de germinação. O embrião encontra-se ao lado do endosperma, é parcialmente envolvido por ele (Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985). As proporções dos componentes anatômicos do grão de milho estão apresentadas na Tabela 1.

O grão de milho é um alimento essencialmente energético, 100 g representa 360 Kcal, sendo 70,0%

de carboidrato, 10,0% de proteínas e 4,5% de lipídios (Abimilho, 2002). Segundo Silva (2001) o grão de milho, além de possuir baixo teor de proteína, a qualidade desta é inferior à dos demais cereais, devido a maior parte da fração protéica ser representada pela zeína que é pobre nos aminoácidos essenciais lisina e triptofano. Em algumas cultivares, procura-se atenuar esse aspecto depreciativo da qualidade protéica. O milho ainda possui em sua composição as vitaminas A e do complexo B bem como minerais, cálcio, ferro e fósforo (Abimilho, 2002). A composição nutricional em matéria seca do grão de milho varia de acordo com a cultivar, solo e condições climáticas (Tosello, 1987). Segundo Pereira *et al.* (2001), há no mercado híbridos e variedades de grãos de cores amarela e branca, que têm em média 0,5% a mais de óleo, apresentam proteína de qualidade superior por ter maior proporção dos aminoácidos essenciais lisina e triptofano e maior proporção de vitaminas. A composição nutricional determinada por Earle *et al.*, citados por Tosello (1987), para o grão de milho e seus componentes anatômicos está apresentada na Tabela 2

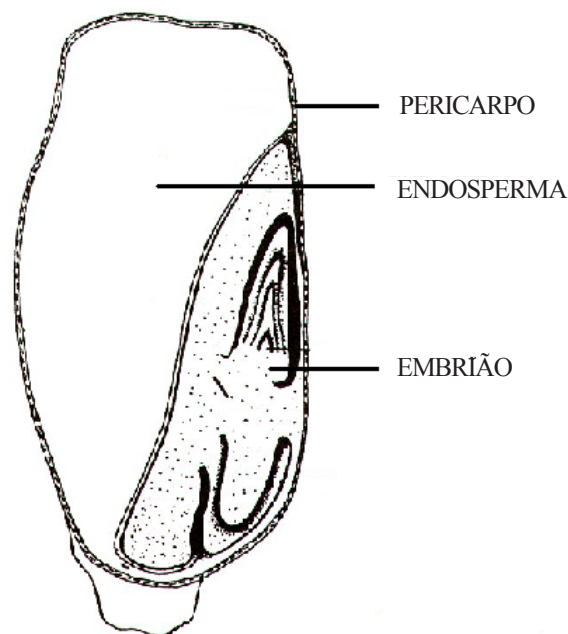


Figura 1 - Corte longitudinal de um grão de milho demonstrando endosperma, embrião e pericarpo (Adaptado de: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985)

Tabela 1 - Proporção dos componentes anatômicos do grão de milho.

Componentes do grão de milho	(%)
Endosperma	82,3
Embrião	11,5
Pericarpo	5,3

Fonte: Adaptado de Earle et al., citado por Tosello (1987).

Tabela 2 - Composição nutricional do grão de milho e de seus componentes.

Grão e seus componentes	Amido	Proteína	Lipídeos	Açúcares	Cinzas
	------(%)-----				
Grão inteiro	71,5	10,3	4,8	2,0	1,4
Endosperma	86,4	9,4	0,8	0,6	0,3
Embrião	8,2	18,8	34,5	10,8	10,1
Pericarpo	7,3	3,7	1,0	0,3	0,8

Fonte: Adaptado de Earle et al., citados por Tosello (1987).

Dentre as indústrias que utilizam o milho como matéria-prima para a produção de FMB, encontram-se aquelas de alta tecnologia, nelas se explora o máximo potencial desse grão; em outras menores, porém, continuam sendo aplicadas tecnologias já ultrapassadas, as quais geram grandes quantidades de subprodutos. Na cidade de Prudentópolis-PR, há oito dessas pequenas fábricas de farinhas de milho, porém, se forem também contabilizadas as cidades vizinhas (Iratí, Guamiranga, Imbituva) são 33 pequenas indústrias, das quais resultam uma produção mensal em torno de 30 ton. de milho, gerando assim, grande quantidade de subprodutos. A maioria dessas fábricas de farinha possui pouco capital e a comercialização dos subprodutos se torna essencial para a composição da renda (Abimilho, 2002).

Alimentos funcionais fibrosos constituem, atualmente, um setor da agroindústria em plena ascensão. O consumidor busca cada vez mais dietas saudáveis e,

nesse contexto, os alimentos fibrosos naturais e formulados vêm ganhando grande importância nutricional. Por conseguinte, matérias alimentícias tidas apenas como subprodutos do sistema agroindustrial estão sendo avaliadas, por pesquisadores, para resultar em aproveitamento mais nobre e gerar agregação de valor ao produto base produzido por agroindústrias (Raupp et al., 1999,2000,2002).

Assim, como o comércio dos subprodutos resultantes do processamento de FMB para a alimentação de animais agrega pouco valor, outras atividades de maior renda poderiam ser exploradas para a agroindústria do milho. Portanto, a pesquisa em pauta teve por propósito: (a) determinar o rendimento de subprodutos de uma fábrica de farinha de milho; (b) caracterizar a composição nutricional dos subprodutos; tendo por fim sugerir o aproveitamento dessas matérias alimentícias como fontes de fibra alimentar para consumo humano.

2. Material e métodos

O rendimento dos subprodutos (Farelo 1, Farelo 2, Farelo 3, Farelo 3A e Farelo 3B) produzidos durante o processamento da farinha de milho biju (FMB) foi determinado na Fábrica de Farinha de Milho Santa Terezinha, localizada na cidade de Prudentópolis-PR, utilizando-se 100kg de milho. O milho processado para determinar o rendimento em subprodutos e FMB foi de coloração amarela, proveniente da Cooperativa Agrícola Mista de Prudentópolis, este apresentou as seguintes características: umidade 13,5% (aparelho universal); impurezas 0,4%; ardidos e germinados 3,66%; tipo II. O fluxograma do processo de obtenção da FMB (Figura 2) consiste de quatro etapas a seguir descritas.

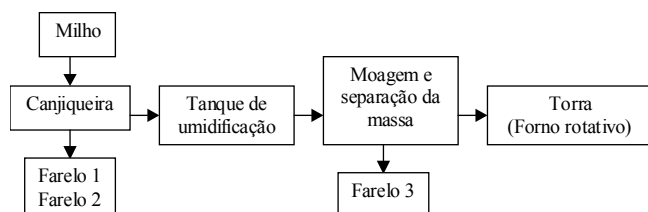


Figura 2 - Fluxograma mostrando a obtenção da farinha de milho biju e dos subprodutos

1^a) Canjicamento: é o primeiro processo do ciclo de fabricação da FMB onde o milho passa pela canjiqueira, que consiste de uma seqüência de facas acondicionadas em um eixo motriz, seguido por um conjunto de peneiras de malhas diferentes para a separação da canjica e do farelo, respectivamente, produto e subproduto. O processo resulta na degerminação, descascamento e limpeza da canjica, pois a permanência do embrião, casca e possíveis pós comprometem a moagem. Essa etapa gera dois subprodutos de granulometria diferentes, Farelo 1 e Farelo 2.

2^a) Umidificação: a canjica devidamente limpa é colocada em tanques, de alvenaria, onde é adicionado água (em temperatura ambiente) para ocorrer a umidificação, a qual se completa em torno de cinco dias. A água é drenada a cada 2 dias para minimizar a fermentação. Os tanques têm capacidade para aproximadamente 2.500kg de canjica, com um volume de aproximadamente 8,58m³ (3,3 x 2,0 x 1,3).

3^a) Moagem e peneiragem: a canjica úmida (transcorrido os cinco dias), depois de drenada a água do tanque, é processada no moinho de discos, seguido de peneiramento para separar o endosperma, o qual é moído em partículas menores de 1mm para resultar na FMB. O processo visa obter uma “massa” homogênea, fina e úmida, lembrando o fubá em sua granulometria, e a peneira utilizada tem malha de 1mm de abertura. O restante da casca (pericarpo), remanescente do descanjicamento, é separado como partículas maiores. O terceiro subproduto é gerado nessa etapa, este depois de seco ao forno é denominado de Farelo 3.

4^a) Torra: a “massa” obtida da moagem da canjica é levada para a torra no forno rotativo, onde é acondicionada em um depósito e, a seguir, é espalhada uniformemente por uma peneira trepidante sobre a chapa do forno rotativo, o qual é aquecido a uma temperatura de $\pm 300^{\circ}\text{C}$. Logo após alcançar a chapa, a massa de milho é prensada com rolos, para ocorrer o abiscoitamento e formar os “bijus”, a partir daí a farinha gira uma volta, para que ocorra a secagem ou torra, é retirada por ventilação de cima do forno para cair em uma caixa depósito, de onde é retirada e embalada.

Os subprodutos, Farelo 1, Farelo 2 e Farelo 3, produzidos diretamente no processo industrial foram acondicionados em embalagens plásticas e transportados para o Laboratório de Tecnologia dos Produtos Agropecuários – UEPG, para caracterização da granulometria e da composição nutricional.

O Farelo 3, por apresentar alta proporção de endosperma (avaliação visual) foi fracionado usando peneira de malha 2mm em dois outros subprodutos (Farelo 3A e Farelo 3B), sendo que o Farelo 3A ficou retido na peneira.

A granulometria dos subprodutos foi determinada utilizando um gradiente de peneiras com três diferentes aberturas de malha (2,0mm - 1,0mm - 0,5mm). Foi usada amostragem de 100g e o gradiente de peneira permaneceu sob agitação por período de 30 minutos, ao fim do qual foram coletados e pesados os materiais retidos em cada peneira e no fundo falso. O resultado da granulometria foi apresentado em porcentagem.

A composição nutricional dos subprodutos foi determinada segundo os métodos publicados nas nor-

mas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1976). A matéria seca dos subprodutos foi determinada em amostragem de 5g, em triplicata, em estufa regulada em 105°C por um período de 15h (pernoite). As cinzas (total de minerais) foram determinadas em amostragem de 5g, em triplicata, usando forno mufla regulado em 550°C por 6h. Os lipídeos foram determinados em amostragem de 5g, em duplicata, através de extração com solvente hexano no aparelho de Soxhlet e por período de 3h. O resíduo de solvente que permaneceu na fração lipídica foi removido utilizando-se estufa de circulação de ar regulada em 70°C. As proteínas foram quantificadas pelo método de micro-Kjeldahl, o qual determinou o nitrogênio da amostra e a conversão para proteína foi obtida por cálculo usando o fator 6,25. A fibra alimentar foi determinada, em quadruplicata, pelo método de Prosky *et al.* (1988) com modificações para adaptação às condições de trabalho do laboratório. O método consistiu no uso de cerca de 1g de amostra, previamente desengordurada, e das enzimas α -amilase (thermamy1), protease e amiloglucosidase. O material resistente à hidrólise, depois de filtrado, foi secado em estufa regulada em 100°C por 6h. A proteína e os minerais que permaneceram nesse resíduo fibroso foram quantificados analiticamente e os dados obtidos, subtraídos do peso seco do resíduo fibroso bruto.

Os resultados das análises de matéria seca, cinzas, lipídeos, proteína e fibra alimentar foram expressos em porcentagens. A fração carboidrato digestível foi determinada por diferença porcentual.

3. Resultados e discussão

A industrialização de farinha de milho biju (FMB) agrega valor ao milho, porém, resulta em grandes quantidades de subprodutos (Tabela 3), os quais continuam sendo pouco valorizados. Algumas fábricas de produção de FMB, por aplicar tecnologia não atualizada, apresentam baixo rendimento em farinha e resultam em altas proporções de farelos (subprodutos), um total de 36,9% (Tabela 3). Se isso for contabilizado com base em uma produção diária de 1.680kg de FMB, a fábrica produzirá mensalmente 33.600kg de FMB, que significa gerar 23.616kg de subprodutos mês⁻¹.

Os subprodutos Farelo 1, Farelo 2 e Farelo 3 renderam 13,8%, 6,6% e 12,3% (Tabela 3); assim, a produção mensal dos subprodutos pode ser estimada em 8.832kg, 4.224kg e 7.872kg, respectivamente, mostrando ser quantidades consideráveis.

Tabela 3 - Rendimento¹ percentual da farinha de milho biju² e dos subprodutos

Descriminação	(%)
Farinha Biju	52,5
Farelo 1	13,8
Farelo 2	6,6
Resíduo (exaustor)	4,2
Farelo 3	12,3
(Farelo 3A)	(2,99)
(Farelo 3B)	(9,31)
Total de subprodutos	36,9
Total de subprodutos + FMB	89,4
Perdas no canjicamento	0,6
Perdas na umidificação e torra	10,0
Total de perdas no processo	10,6

¹com base na amostragem de 100kg de milho; ²Fábrica de farinha de milho Santa Terezinha, Prudentópolis-PR, 2003.

O rendimento total de produto FMB mais subprodutos foi de 89,4% (Tabela 3), ocorrendo uma perda de matérias constituintes do milho, as quais não foram quantificadas neste trabalho, quantificadas. Tal perda pode ser explicada, em parte, pelo carreamento de partículas juntamente com o ar atmosférico durante o descanjicamento, mas, principalmente durante a umidificação da canjica e a torra. Ainda, parte da perda pode ser também atribuída à diferença de umidade entre a matéria-prima, o milho, e a FMB + subprodutos (farelos). A umidade da FMB, segundo Camargo *et al.* (1984), está em torno de 8,5% e nos subprodutos também a umidade é menor que no milho, por conseguinte, tal perda de umidade durante o processo contribui para diminuir o rendimento de FMB + subprodutos. O maior valor para a perda (Tabela 3) pode ser atribuído ao arraste na água de matérias solúveis constituintes do milho bem como a perda de água durante o aquecimento no forno ($\pm 300^\circ\text{C}$) para secar e torrar a farinha.

Segundo Camargo *et al.* (1984), 100kg de milho produzem cerca de 55kg de FMB. Na pesquisa atual foi determinado um valor igual a 52,5% (Tabela 3), 2,5% a menos do valor encontrado por aquele autor. A diferença encontrada pode ser atribuída aos seguintes fatores: (a) ao tipo de milho, pois ocorre variação entre os híbridos quanto à porcentagem de seus componentes (pericarpo, endosperma e embrião), assim, quanto mais endosperma maior a produção de FMB; (b) à regulagem da canjiqueira, pois quanto mais tempo o milho permanecer na canjiqueira maior será a quantidade de farelos (Farelo 1, Farelo 2) produzidos, pois, esta acaba triturando e retirando, não só o peri-

carpo e embrião, mas também, parte do endosperma, diminuindo o rendimento de FMB; por outro lado, a regulagem da canjiqueira na qual o milho passa mais rapidamente resulta em maior rendimento em FMB, prejudicando a qualidade do produto.

Quanto a granulometria (Tabela 4), os subprodutos Farelo 1 - Farelo 2 - Farelo 3 - Farelo 3A - Farelo 3B apresentaram, respectivamente, 76,12% - 79,80% - 95,37% - 97,91% - 93,88% do total de partículas com tamanho superior a 1mm. A porcentagem de partículas de tamanho superior a 1mm é maior para os Farelos 3, 3A e 3B do que para os Farelos 1 e 2.

Tabela 4 - Granulometria dos subprodutos produzidos no processamento da farinha de milho biju¹

Tamanho de partículas	Farelo 1	Farelo 2	Farelo 3	Farelo 3A	Farelo 3B
-----mm-----	------(%)-----				
>2,0	36,02	53,22	24,30	90,91	0,00
2,0 a 1,0	40,10	26,58	71,07	7,00	93,88
1,0 a 0,50	7,28	5,91	1,55	1,06	2,05
< 0,5	16,59	14,29	3,08	1,03	4,07

¹Fábrica de farinha de milho Santa Terezinha, Prudentópolis-PR, 2003.

Os Farelos 1 e 2 são produzidos antes da moagem, o Farelo 3 depois dela (Figura 2) e representa as partículas de maior tamanho, a qual se incorporada na FMB contribui para abaixar sua qualidade, por deixá-la mais escura e de maior granulometria. Também, a alta proporção de fibra alimentar do Farelo 3 (Tabela 5) dificulta, por conferir menos liga, a obtenção da ca-

racterística biju no produto.

A grande procura por Farelos 1 e 2 para a alimentação animal pode ser explicada pela composição nutricional destes subprodutos, pois, apresentam alta proporção das frações carboidratos (carboidrato digestível + fibra alimentar) + lipídeos (Tabela 5), respectivamente iguais a 91,84% e 89,08%

Tabela 5 - Composição nutricional (base seca) dos subprodutos, gerados do processamento da farinha de milho biju¹ e obtidos do laboratório

Nutrientes	Farelo 1		Farelo 2		Farelo 3		Farelo 3A		Farelo 3B	
	%	c.v. ³	%	c.v. ³	%	c.v. ³	%	c.v. ³	%	c.v. ³
Fibra alimentar	29,29	8,90	34,95	7,62	25,90	9,23	54,31	2,21	15,55	9,33
Carboidrato digestível ²	56,75	-	49,33	-	58,08	-	32,68	-	68,43	-
Proteínas	5,78	5,96	9,14	5,08	8,64	2,85	6,98	5,67	9,38	4,70
Lipídios	5,80	5,79	4,80	3,01	6,59	1,24	5,38	1,70	6,05	4,66
Minerais	2,38	11,98	1,77	8,61	0,79	11,96	0,65	15,32	0,59	17,82
Umidade	11,44	2,36	11,59	1,71	8,58	4,16	8,71	3,10	9,07	2,84

¹Fábrica de farinha de milho Santa Terezinha, Prudentópolis-PR, 2003; ²estimado por diferença percentual; ³coeficiente de variação das determinações.

O Farelo 3 obtido depois da moagem por peneiragem, por apresentar também alta proporção, 90,57%, das frações carboidratos (carboidrato digestível + fibra alimentar) + lipídeos (Tabela 5), é igualmente aproveitado para alimentação animal. O Farelo 3, na aparência visual mostrou-se rico em partículas de cascas livres em relação aos Farelos 1 e 2, porém, esta diferença não foi refletida no resultado de sua composição porcentual (Tabela 5). O processo de canjicamento produz maior proporção de fibra alimentar proveniente principalmente das cascas (Tabela 5), também das impurezas, como as partículas de sabugo do milho e o pedúnculo (liga o grão ao sabugo).

O fracionamento do Farelo 3, no laboratório, em Farelo 3A e Farelo 3B não resultou em diferenciação expressiva nas porcentagens das frações carboidrato digestível + fibra alimentar, cujos valores foram iguais a 83,98%, 86,99% e 83,98% (Tabela 5), respectivamente. No entanto, o Farelo 3A concentrou uma maior proporção de fibra alimentar (54,31%) que o Farelo 3B (15,55%) ou o Farelo 3 (25,90%). Quanto aos demais nutrientes, o Farelo 3A apresentou proporções menores que o Farelo 3B ou Farelo 3.

O Farelo 3A, obtido por simples peneiramento (malha de 2mm), por seu teor alto de fibra alimentar igual a 54,31 % (Tabela 5) pode ser destacado como fonte potencial para ingrediente fibroso de alimentos formulados. Raupp *et al.* (1999, 2000, 2002) caracterizaram outros subprodutos da agroindústria alimentícia, como a polpa refinada de maçã, o bagaço de mandioca produzido pela polvilheira, o bagaço de mandioca refinado (que sofreu transformação tecnológica em laboratório) e, também, do farelo de trigo, uma fonte convencional de fibra, os quais apresentaram proporções de fibra alimentar iguais a 91,91%, 43,10%, 60,90% e 44,69%, respectivamente.

No Farelo 3A, assim como nos Farelos 1 e 2, ainda permanecem quantidades de carboidratos digestíveis igual a 32,68%, 56,75% e 49,33% (Tabela 5), os quais por serem calóricos são, em geral, indesejáveis na composição de um alimento fibroso destinado ao consumo humano. A aplicação de processo de hidrólise enzimática, a semelhança do que foi sugerido por Raupp *et al.* (2002) para o bagaço de mandioca obtido da polvilheira, pode ser recomendado para diminuir ou esgotar a fração carboidrato digestível do

Farelo 3A e dos Farelos 1 e 2.

O Farelo 3B (Tabela 5) reteve uma grande quantidade dos carboidratos digestíveis, os quais foram originários do endosperma quebrado em partículas de 2,00 a 1,00mm (Tabela 4), e, se forem reprocessados geram farinha de baixa qualidade. Esse subproduto poderia ser utilizado como matéria-prima para obtenção de xarope de glicose, que, além de poder ser fermentado para obtenção de álcool, pode ser aproveitado para a indústria de refrigerantes, de outros alimentos e para a farmacêutica.

O aproveitamento de matérias alimentícias a partir desses subprodutos para gerar mais farinha, utilizando a tecnologia vigente, está esgotado. Também, o baixo valor de venda desses subprodutos quando destinados para ração animal, embora continue sendo uma prática viável, não tem se mostrado a mais promissora do ponto de vista econômico. Contudo, por inexistência de alternativas mais rentáveis para seu aproveitamento, continuam sendo costumeiramente incorporados como ingredientes de ração animal. Outra alternativa potencialmente mais rentável seria o aproveitamento desses subprodutos, gerados pela agroindústria de FMB, como fonte do nutriente fibra alimentar para a nutrição humana, em particular como ingrediente de alimentos formulados fibrosos.

O subproduto farelo de trigo, resultante da moagem de trigo, constitui-se num bom exemplo similar de aproveitamento, pois, o mesmo é comercializado para consumo humano com preço superior ao da farinha de trigo. O farelo de trigo custa em média 3,7 vezes mais caro que o produto primário, a farinha de trigo. Com os farelos de milho e a FMB ocorre o inverso, o preço de comercialização dos farelos é, atualmente, em média 5 vezes mais barato que o produto primário FMB.

4. Conclusões

A fábrica de produção de FMB, por aplicar tecnologia não atualizada, apresentou baixo rendimento em farinha, alcançando a cifra de 36,9% de farelos (subprodutos). Os subprodutos Farelo 1, Farelo 2 e Farelo 3 renderam 13,8%, 6,6% e 12,3%, respecti-

vamente.

O Farelo 3A foi o subproduto de maior teor (54,31%) de fibra alimentar, concentração superior a do farelo de trigo (43,64%), por isso pode ser recomendado como ingrediente potencial para a formulação de alimentos fibrosos. O nutriente fibra alimentar pode ser ainda mais concentrado no Farelo 3A, aplicando o processo de hidrólise enzimática/extração para os outros nutrientes remanescentes, carboidratos digestíveis e lipídeos. Tal processo pode ser recomendado também para os demais subprodutos.

REFERÊNCIAS

- 1 ABIMILHO – Associação Brasileira das Indústrias Moageiras de Milho. **Milho: o cereal que enriquece a alimentação humana**. Publicado em: dezembro/2002. Disponível em: <http://www.ABIMILHO.com.br>. Acessado em: 13/abril/2003.
- 2 ALMEIDA, T.C.; Utilização do milho e sorgo no Brasil. In: **Cultura do milho no Brasil: Fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.11-21.
- 3 CAMARGO, R.; FONSECA, H.; PRADO FILHO, L.G. de; ANDRADE, M.O.; CANTARELLI, P.R.; OLIVEIRA, A.J.; GRANER, M.; CARUSO, J.G.B.; NOGUEIRA, J.N.; LIMA, U.A.; MOREIRA, L.S.; **Tecnologia dos produtos agropecuários – alimentos**, Piracicaba: Ed. Nobel, 1984.
- 4 GODOY, R.C.B. Milho: contexto mundial. Publicado em: 06/setembro/2002. Disponível em: <http://www.pr.gov.br/seab/servico.html>. Acessado em: 01/maio/2003.
- 5 INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do instituto Adolfo Lutz**. São Paulo, 1976. 459p.
- 6 INSTITUTO CAMPINEIRO DE ENSINO AGRÍCOLA. **Cultura do milho**. Campinas, 1985. 38p.
- 7 PEREIRA, L.R.; PORTO, M. P.; WINKLER, E. I.; GUADAGNIM, J. P. Cultivares. In: **Indicações técnicas para a cultura do milho no Estado do Rio Grande do Sul**. FEPAGRO, EMBRAPA TRIGO, EMATER/RS, FECOAGRO/RS, Porto Alegre, n.7, ago., p.74-84, 2001.
- 8 PINAZZA, L. A.; Perspectiva da cultura do milho e do sorgo no Brasil, In: **Cultura do milho no Brasil: Fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.01-10.
- 9 PROSKY, L.; ASP, N.G.; SCHWEIZER, T.F.; DEVRIES, J.W.; FURDA, I. Determination of indoluble, soluble and total dietary fiber in foods and food products: inter-laboratory study. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, v.71, p.1017-1023, 1988.
- 10 RAUPP, D.S.; MARQUES, S.H.P.; ROSA, D.A.; CALDI, M.; CREMASCO, A.C.V.; BANZATTO, D.A. Arraste via fecal de nutrientes da ingestão produzido por bagaço de mandioca hidrolisado. **Scientia Agrícola**, v.59, n.2, p.235-242, 2002.
- 11 RAUPP, D.S.; CARRIJO, K.C.R.; COSTA, L.L.F.; MENDES, S.D.C.; BANZATTO, D.A. Propriedades funcionais digestivas e nutricionais de polpa-refinada de maçã. **Scientia Agrícola**, v.57, n.3, p.395-402, 2000.
- 12 RAUPP, D.S.; MOREIRA, S.S.; BANZATTO, D.A.; SCARBIERI, V.C.; Composição e propriedades fisiológicas nutritivas de uma farinha rica em fibra insolúvel obtida do resíduo fibroso de fecularia de mandioca. **Ciência e tecnologia de alimentos**, v.19, n.2, p.5-210, 1999.
- 13 SILVA, P.R.F. Crescimento e desenvolvimento. In: **Indicações técnicas para a cultura do milho no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAGRO; EMBRAPA TRIGO, EMATER/RS; FECOAGRO/RS. n.7, ago., p.17-21, 2001.
- 14 TOSELLO, G.A. Milhos especiais e seu valor nutritivo, In: **Melhoramento e produção do milho**. Ed. Viegas, G.P.; Paterniane, E.. Campinas: Fundação Cargill, 2ed., v.1, p.375-409, 1987.