

Camila Mattos Rocha

Caracterização de fibras de milho e sua incorporação em
barras de cereais

São José do Rio Preto
2011

Camila Mattos Rocha

Caracterização de fibras de milho e sua incorporação em barras de cereais

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos, área de Ciência e Tecnologia de Alimentos junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Orientador: Prof. Dr. José Francisco Lopes Filho
Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Carolina Conti-Silva

São José do Rio Preto
2011

Rocha, Camila Mattos.

Caracterização de fibras de milho e sua incorporação em barras de cereais / Camila Mattos Rocha. – São José do Rio Preto: [s.n.], 2011. 82 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: José Francisco Lopes Filho

Coorientador: Ana Carolina Conti-Silva

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

1. Tecnologia de alimentos. 2. Milho – Produtos – Indústria. 3. Cereais como alimento. I. Lopes Filho, José Francisco. II. Conti-Silva, Ana Carolina. III. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. IV. Título.

CDU – 664.784.8

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do IBILCE
Campus de São José do Rio Preto - UNESP

Camila Mattos Rocha

Caracterização de fibras de milho e sua incorporação em barras de cereais

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos, área de Ciência e Tecnologia de Alimentos junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Francisco Lopes Filho
UNESP – São José do Rio Preto
Orientador

Prof^a. Dr^a. Vanessa Dias Capriles
UNIFESP – Campus Baixada Santista

Prof^a. Dr^a. Célia Maria Landi Franco
UNESP – São José do Rio Preto

São José do Rio Preto, 30 de Setembro de 2011

Dedico este trabalho

Aos meus pais Ruth e Luiz Sérgio, meu irmão Fábio e meu noivo
Bruno, os quais são a minha maior riqueza.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, sem ele nada seria alcançado;

Aos meus pais Ruth e Luiz Sérgio, por tanto amor, incentivo, compreensão e apoio nas horas difíceis e alegria em cada conquista;

Ao meu irmão Fábio e cunhada Sharon, pela torcida e apoio mesmo distantes e pela ajuda com o inglês;

Ao meu noivo Bruno pelo amor incondicional e compreensão nas horas de nervosismo, choro e desespero;

A minha família (tios e avó) e meus futuros sogro, sogra e cunhada pela torcida e orações;

Ao meu querido orientador Prof. Dr. José Francisco Lopes Filho, pela acolhida, oportunidade, todos os conselhos e por confiar em mim durante estes dois anos de pesquisa;

À minha co-orientadora Prof^a. Dr^a. Ana Carolina Conti-Silva por me ajudar, auxiliar, e orientar tantas vezes, pela atenção e paciência;

À Universidade Estadual Paulista - Ibilce pela oportunidade de realizar o mestrado, e aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos pelos ensinamentos;

À Prof^a. Dr^a. Mieko Kimura por solucionar minhas dúvidas nas análises, pelas sugestões e pela atenção;

Aos todos os colegas, Catierine com a ajuda nas análises microbiológicas, Cristiane, Jaqueline, Marina, Larissa, Juliane, Poliana, pela amizade construída, Maurício com a ajuda nas análises estatísticas, enfim, me desculpe se esqueci de alguém;

Às discentes de Engenharia de Alimentos Andréia e Victória, pela ajuda em algumas análises;

Aos técnicos de laboratório, Newton, Jesuíno, Ginaldo, Tânia e Alana por me auxiliarem no uso dos equipamentos e análises nos devidos laboratórios;

À CAPES pela bolsa de estudos cedida;

À indústria de processamento do milho “Integrada Cooperativa Agroindustrial” pelo fornecimento da fibra de milho “Corn Bran Flour-R”;

Enfim, a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste sonho e trabalho.

*Para ser grande, sê inteiro: nada Teu exagera ou exclui.
Sê todo em cada coisa. Põe quanto és no mínimo que fazes.
Assim em cada lago a lua toda brilha, porque alta vive.*

Fernando Pessoa

RESUMO

O presente estudo objetivou determinar as características químicas e as frações componentes de fibras de milho, extraídas em laboratório (FL) e em processo industrial (FI) e elaborar barras de cereais adicionadas desta fibra com o propósito de agregar valor ao co-produto. A caracterização química foi realizada através de análises de umidade, cinzas, proteína, lipídeos, carboidratos disponíveis, Fibra em Detergente Neutro (FDN), Fibra em Detergente Ácido (FDA), hemicelulose, celulose, lignina, fibra alimentar total, insolúvel e solúvel. Os produtos analisados diferiram significativamente ao nível de 5% quanto às frações de fibra alimentar (FDN e FDA). FL deteve o maior percentual de lignina. O percentual de hemicelulose foi maior que o de celulose e lignina nos dois tipos, havendo predomínio da fração insolúvel da fibra. Análises microbiológicas da FI mostraram que o produto encontra-se dentro dos limites permitidos pela legislação. Foram produzidas barras de cereais adicionadas de 10, 20 e 30% de fibra de milho industrial (FM) com e sem forneamento (C/ e S/FN), e estas submetidas à análises físico-químicas, microbiológicas e sensorial. As barras com 20 e 30% FM S/FN foram as mais densas ($0,7 \text{ g/cm}^3$) e a que apresentou maior volume específico foi com 10% FM C/FN ($1,7 \text{ cm}^3/\text{g}$). Com o aumento dos percentuais de fibra observou-se a diminuição do volume das barras. A atividade de água ficou na faixa de 0,5 e o pH, variou entre 4,7 e 5,0, mostrando baixa acidez dos produtos. A luminosidade (L^*) ficou entre 42,8 e 51,0, aumentando conforme o aumento do percentual de fibra. Quanto às cromaticidades, as amostras apresentaram valores positivos de a^* e b^* . A tonalidade cromática (H^*) variou de 68,1 a 71,5, observando-se a tendência para o amarelo. Em relação ao croma (C^*), nas barras C/FN, à medida que aumentou o percentual de fibras, diminuiu o valor de C^* e nas barras S/FN o aumento de fibra aumentou os valores de C^* , devido ao processo de forneamento. A dureza das barras variou entre 66,8 a 210,2 N, coesividade entre 0,1 e 0,3, elasticidade entre 0,3 e 0,7 e a mastigabilidade entre 12,5 e 49,2 N. Todos os produtos apresentaram densidade energética próximas, variando entre 355,8 e 409 Kcal, diminuindo conforme o aumento do percentual de fibra adicionado. Verificou-se baixa umidade para as barras C/FN (3,7 a 4,6%) e maior para as barras S/FN (9,4 a 11%), teor de cinzas das barras C/ e S/FN não diferiram estatisticamente, variando entre 0,4 e 0,6g, o teor lipídico foi diferente significativamente entre as barras S/FN, variando entre 5,0 e 6,6g e o percentual proteico não diferiu significativamente para os tratamentos. O teor de fibra alimentar total variou entre 3,5 a 10,5g nas barras C/FN e 6,3 a 18,9g nas barras S/FN. Os carboidratos disponíveis variaram entre 78,5 e 85,8g nas barras C/FN e 68,5 a 81,3g nas barras S/FN. Todas as amostras dos produtos elaborados apresentaram-se de acordo com os padrões da legislação. As barras mais aceitas sensorialmente foram as com 10% FM C/ e S/FN, e a com 20% FM C/FN. O estudo mostrou que é possível elaborar barras de cereais, fonte de fibra alimentar, incorporando a fibra de milho, obtida dos processos de moagem do grão.

Palavras-chave: milho, moagem úmida, barra de cereal, fibra alimentar.

ABSTRACT

The current study focused on determining the chemical characteristics and the fractional components of corn fibers, extracted in laboratory (FL) and industrial processing (FI) and producing cereal bars made from corn fiber intended to add value to the co-product. Chemical characterization was performed through the analyses of humidity, ashes, protein, lipids, available carbohydrates, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), hemicellulose, cellulose, lignin, total dietary fiber, insoluble and soluble. The products analyzed were significantly different at 5% of the fractions of dietary fiber (NDF and ADF). FL had the highest percentage of lignin. The percentage of hemicellulose was higher than that of cellulose and lignin in two types, with predominance of insoluble fiber. Microbiological analysis showed that (IF) the product is within the limits allowed by law. Cereal bars were produced adding 10, 20 and 30% of corn fiber (CF) with and without heating (W/ and W/O HE), and those submitted to physical-chemical, microbiological and sensory analyses. The bars with 20 and 30% CF and W/O HE, were the most dense (0.7 g/cm^3), that showed the highest specific volume was with 10% CF W/ HE, ($1.7 \text{ cm}^3/\text{g}$). With the increase in the percentage of fiber, the volume of the bars decreased. Water activity was in the range of 0.5, and pH ranged between 4.7 and 5.0, showing low acidity of the products. The lightness (L^*) was between 42.8 and 51.0, increasing as the increase in the percentage of fiber. As for the chromaticity, the samples showed positive values of a^* and b^* . The hue (H^*) varied from 68.1 to 71.5, noting the tendency toward yellow. In relation to the chroma (C^*), in bars W/ HE, as you increase the percentage of fibers, the value of C^* decreases in bars; in bars W/O HE, with the increase of fiber, the values of C^* increases. The hardness of the bars ranged from 66.8 to 210.2 N, cohesiveness between 0.1 and 0.3, elasticity between 0.3 and 0.7 and chewiness between 12.5 and 49.2 N. The products presented similar energy density ranging between 355.8 e 409 kcal, decreasing with increasing the percentage of fiber added. There was low humidity of the bars W/ HE (3.7 to 4.6%) and higher humidity of the bars W/O HE (9.4 to 11%), ash content of the bars W/ HE and W/O HE did not differ statistically, ranging between 0.4 and 0.6g, the lipid content of the bars was significantly different between the bars W/O HE, ranging between 5.0 and 6.6g, the protein percentage did not differ significantly for all treatments. The content of total dietary fiber ranged from 3.5 to 10.5g in bars W/ HE, and 6.3 to 18.9g in bars W/O HE. The available carbohydrates ranged between 78.5 and 85.8g bars W/ HE and 68.5 to 81.3g in bars W/O HE. All samples of the products obtained is presented in accordance with the standards of the legislation. The most sensory acceptable bars were the ones with 10% CF W/ and W/O HE, and the one with 20% CF W/ HE. The study showed that it is possible to prepare cereal bars, a source of dietary fiber incorporating corn fiber obtained in the process of grinding grain.

Key-Words: Corn, wet milling, cereal bar, dietary fiber.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Seção transversal de um grão de milho	18
Figura 2. Fluxograma da moagem de milho por via úmida	20
Figura 3. Fibra de milho obtida por moagem úmida do milho em laboratório (FL) e fibra fornecida pela indústria de processamento do milho (FI)	30
Figura 4. Fluxograma das operações de processamento das barras de cereais	41
Figura 5. Análise do Perfil de Textura (TPA) das barras de cereais	42
Figura 6. Modelo da ficha de avaliação sensorial e questionário que foram aplicados aos provadores	46
Figura 7. Barras de cereais com 10%, 20% e 30% de fibra de milho respectivamente e sem forneamento	52
Figura 8. Barras de cereais com 10%, 20% e 30% de fibra de milho respectivamente e com forneamento	52
Figura 9. Representação gráfica dos resultados da Escala Multidimensional do atributo aparência para as amostras e provadores	65
Figura 10. Representação gráfica dos resultados da Escala Multidimensional do atributo aroma para as amostras e provadores	66
Figura 11. Representação gráfica dos resultados da Escala Multidimensional do atributo textura para as amostras e provadores	67
Figura 12. Representação gráfica dos resultados da Escala Multidimensional do atributo sabor para as amostras e provadores	68
Figura 13. Representação gráfica dos resultados da Escala Multidimensional do atributo avaliação global para as amostras e provadores	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Ingredientes utilizados para a produção das barras de cereais (g/100g)	40
Tabela 2. Composição centesimal (Média $\pm$ desvio padrão) das fibras “Corn Bran Flour-R” e Fibra extraída em laboratório	48
Tabela 3. Frações componentes (Média $\pm$ desvio padrão) das fibras “Corn Bran Flour-R”, Fibra extraída em laboratório e “Corn Fiber”	50
Tabela 4. Resultados das análises microbiológicas efetuadas na amostra de fibra de milho (“Corn Bran Flour – R”)	51
Tabela 5. Médias ($\pm$ desvio padrão) de densidade, volume específico, atividade de água e pH das barras de cereais com 10, 20 e 30% de fibra de milho, com e sem forneamento	53
Tabela 6. Médias ($\pm$ desvio padrão) de cor (luminosidade e tonalidade cromática) das barras de cereais com 10, 20 e 30% de fibra de milho, com e sem forneamento	54
Tabela 7. Médias ($\pm$ desvio padrão) de textura (dureza, coesividade, mastigabilidade e elasticidade das barras de cereais com 10, 20 e 30% de fibra de milho, com e sem forneamento	56
Tabela 8. Médias ($\pm$ desvio padrão) da composição centesimal (g/100g) e do valor calórico (Kcal) das barras de cereais com 10, 20 e 30% de fibra de milho, com e sem forneamento	58
Tabela 9. Valor nutritivo por porção (30g) das barras de cereais com 10% de fibra de milho com e sem forneamento e de barra comercial	60
Tabela 10. Resultados das análises microbiológicas efetuadas nas barras de cereais produzidas com 10, 20 e 30% de fibra de milho, com e sem forneamento	61
Tabela 11. Aceitabilidade (Média $\pm$ desvio padrão) das barras de cereais	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Tipos de fibras dos alimentos e suas fontes

24

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1. Concentração de sólidos totais	31
Equação 2. Concentração de umidade	31
Equação 3. Percentual de nitrogênio total	32
Equação 4. Percentual de proteína	32
Equação 5. Resíduo mineral	32
Equação 6. Percentual de lipídeos	33
Equação 7. Fibra alimentar insolúvel	34
Equação 8. Fibra alimentar solúvel	34
Equação 9. Fibra alimentar total	35
Equação 10. Volume e Volume específico	42

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3. REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1 MILHO	17
3.2 MOAGEM ÚMIDA	19
3.3 FIBRAS ALIMENTARES	21
3.3.1 Fibras Solúveis	25
3.3.2 Fibra Insolúveis	25
3.3.3 Aplicação de Fibras em Alimentos	26
3.3.4 Fibra de Milho	27
3.4 BARRAS DE CEREAIS	28
4. MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1 MATÉRIA PRIMA	30
4.2 MÉTODOS	30
4.2.1 Obtenção das Fibras e Preparação de Amostras	30
4.2.2 Caracterização das Fibras	31
4.2.2.1 Composição Centesimal	31
4.2.2.2 Composição das Frações Componentes da Fibra	35
4.2.3 Análise Microbiológica da Fibra	38
4.2.4 Formulação das Barras de Cereais	40
4.2.5 Análises Físicas das Barras de Cereais	42
4.2.6 Análises Químicas das Barras de Cereais	43
4.2.7 Cálculo do Valor Calórico Total (VCT) das Barras de Cereais	44
4.2.8 Análise Microbiológica das Barras de Cereais.....	44
4.2.9 Análise Sensorial das Barras de Cereais	45
5. ANÁLISE ESTATÍSTICA	47
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48

6.1 CARACTERIZAÇÃO DAS FIBRAS	48
6.2 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DA FIBRA DE MILHO	50
6.3 BARRAS DE CEREAIS	51
6.3.1 Propriedades Físicas das Barras de Cereais	52
6.3.1.1 Correlação entre os Parâmetros Instrumentais de Textura.....	57
6.3.2 Composição Química e Valor Calórico das Barras de Cereais	57
6.3.3 Análise Microbiológica das Barras de Cereais.....	61
6.3.4 Aceitabilidade das Barras de Cereais	62
6.3.4.1 Correlação entre os Atributos Sensoriais	64
7. CONCLUSÕES	70
7.1 FIBRAS DE MILHO	70
7.2 BARRAS DE CEREAIS	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
Anexo I - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	
ANEXO II - Parecer Consubstanciado de Aprovação do CEP	

1 INTRODUÇÃO

Apesar dos diversos estudos desenvolvidos nos últimos anos relacionados ao processo de moagem úmida do milho com objetivos de aperfeiçoar e reduzir seus custos, há a necessidade de buscar alternativas de uso dos co-produtos obtidos, principalmente para os de menor valor agregado como as frações de fibra e glúten. O glúten e a fibra, devido ao baixo valor econômico, vêm sendo utilizados basicamente em formulações para ração animal. A elaboração de produtos utilizando esses componentes ou o seu refino permitirá agregar valor, proporcionando melhores alternativas de uso. Para isto, novas tecnologias devem ser desenvolvidas. A indústria de alimentos tem grande interesse por ingredientes de elevado valor nutricional para enriquecer e desenvolver novos produtos, e que tenha um valor acessível para a população. Dentre esses ingredientes destacam-se as fibras alimentares.

As fibras são materiais não digeríveis pelo organismo humano, classificadas quanto ao seu efeito fisiológico e solubilidade de seus componentes, em fibras solúveis e fibras insolúveis. As solúveis são representadas pela pectina, gomas e certas hemiceluloses, já as insolúveis são constituídas pela celulose, hemicelulose e lignina.

O incentivo ao consumo de fibras alimentares na dieta humana aumentou a partir da década de 1970, principalmente devido aos seus efeitos benéficos à saúde, tais como a redução do tempo de trânsito intestinal, a diminuição da resposta glicêmica pós-prandial, entre outros. Entretanto, pouco se encontra na literatura sobre a aplicação prática destas fibras, especialmente quando proveniente de resíduos agroindustriais. Sendo assim, o estudo dos teores de fibras e das propriedades físico-químicas das fibras de milho é importante a fim de explorar a potencialidade do uso dos produtos da moagem como ingrediente na formulação de novos produtos. Busca-se cada vez mais a inserção de cereais na alimentação mediante produtos versáteis, que possam ser preparados pelo consumidor ou consumidos de forma rápida, em qualquer local. Neste sentido, vários alimentos ricos em fibras, proteínas, minerais e vitaminas vêm sendo elaborados em todo o mundo, como por exemplo, biscoitos, pães e barras de cereais.

Em 1992, foi lançada a primeira barra de cereais no Brasil. O produto, talvez inovador demais para a época, não foi bem aceito pelo consumidor, e somente alguns anos depois, foi ganhando espaço, chegando a um crescimento de 25% ao ano, atraindo para este mercado empresas importantes do ramo alimentício (BUENO, 2005).

A utilização da fibra do milho para enriquecer este tipo de produto alimentício irá proporcionar o aproveitamento de um co-produto da moagem úmida, destinado quase totalmente à ração animal, aumentando seu valor agregado. Em razão disso, o presente estudo tem como objetivo caracterizar fibras do grão de milho obtidas através da moagem úmida em laboratório e por moagem semiúmida em processo industrial, e incorporar a fibra extraída no processo industrial à formulação de barras de cereais fonte de fibra.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Determinar as características químicas e frações componentes de fibras de milho, extraídas por moagem úmida, em laboratório, e semiúmida, em processo industrial, e elaborar barras de cereais com esta última, como fonte de fibra alimentar para o consumo humano.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar as características químicas da fibra do milho: composição centesimal, teor de celulose, hemicelulose, lignina, fibra alimentar solúvel, insolúvel e total;
- Elaborar barras de cereais enriquecidas com a fibra do milho obtida em processo industrial e determinar seu valor nutricional;
- Determinar as características físico-químicas das barras de cereais: volume específico, densidade, análise do perfil de textura (TPA), parâmetros instrumentais de cor, pH, atividade de água, umidade, composição centesimal e teor de fibra solúvel, insolúvel e total;
- Realizar análise microbiológica e sensorial das barras de cereais elaboradas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 MILHO

O milho foi alimento básico de várias civilizações importantes ao longo dos séculos. Hoje é cultivado e consumido em todos os continentes e sua produção só perde para a do trigo e do arroz. É um produto agrícola largamente utilizado na alimentação humana e animal, sendo também matéria prima de fácil manipulação e conservação, para um expressivo complexo industrial (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA..., 2011).

Constitui uma importante fonte energética para o homem. Durante seus processos de industrialização, o milho conserva sua casca, que é rica em fibras, fundamental para a eliminação de certos componentes indesejáveis, quando em excesso, no organismo humano. Além das fibras, o grão de milho é constituído de carboidratos, proteínas, vitaminas A e do complexo B, minerais (ferro, fósforo, potássio, cálcio) e óleo. Maior que as qualidades nutricionais do milho, só mesmo sua versatilidade para o aproveitamento na alimentação humana. Ele pode ser consumido diretamente ou como componente para a fabricação de balas, biscoitos, pães, chocolates, xaropes, sorvetes, maionese e cerveja (TOSELLO, 1987; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA..., 2011).

No Brasil, é uma cultura que ocupa extensas áreas. Entre as principais regiões produtoras estão o norte do Paraná, o Triângulo Mineiro, o oeste de São Paulo e o Vale do Taquari, no Rio Grande do Sul. A importância econômica do milho é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vão desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia, como a produção de filmes e embalagens biodegradáveis (PAES, 2006; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA..., 2011).

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial, abaixo somente dos Estados Unidos da América e da China, com produção na safra 2009/2010 de 54.137,1 mil toneladas (EMBRAPA, 2011a). Cerca de 4% do total da produção do milho, representando aproximadamente 1,6 milhão de toneladas, tem sido utilizada diretamente como alimento humano (“in natura”) e aproximadamente 15% da produção destinada às indústrias alimentícias, que transformam os grãos em diversos produtos, tais como amido, farinhas, canjica (mungunzá), flocos de milho e xaropes, portanto apenas em média 20% da produção tem uso como alimento, isto se deve principalmente à falta de informação sobre o milho e a necessidade de uma maior divulgação de suas qualidades nutricionais. Dados da pesquisa de

orçamentos familiares, realizada pelo IBGE, em 2008/2009, confirmam o milho como uma das mais importantes fontes alimentares da população brasileira (PAES, 2006; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA..., 2011; IBGE, 2011).

O milho (*Zea mays*) pertence à família das gramíneas. A planta é constituída por uma haste cilíndrica ereta, de 1 à 4 metros de altura, formada por colmos e nós, apresentando inflorescências masculinas (flecha) e femininas (espiga). O desenvolvimento do grão se completa com cerca de 50 dias após a fertilização (LIMA, 1976; GOODMAN; SMITH, 1986; EMBRAPA, 2011b).

O grão do milho (Figura 1) é formado por quatro principais estruturas físicas: endosperma, gérmen, pericarpo (casca) e pedúnculo, as quais diferem em composição química e também na organização dentro do grão, que são geralmente amarelos ou brancos, podendo apresentar outras colorações, como o preto e o vermelho. O peso individual do grão varia, em média, de 250 a 300 mg e possui aproximadamente 70 à 73 % de amido, 9 à 10 % de proteínas, 4 à 5 % de óleo, 1 à 2 % de cinzas, 2 % de açúcares e 9 à 10 % de fibras (JACKSON; SHANDERA, 1995; LUCCHIN, et al., 2003; PAES, 2006; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA..., 2011).

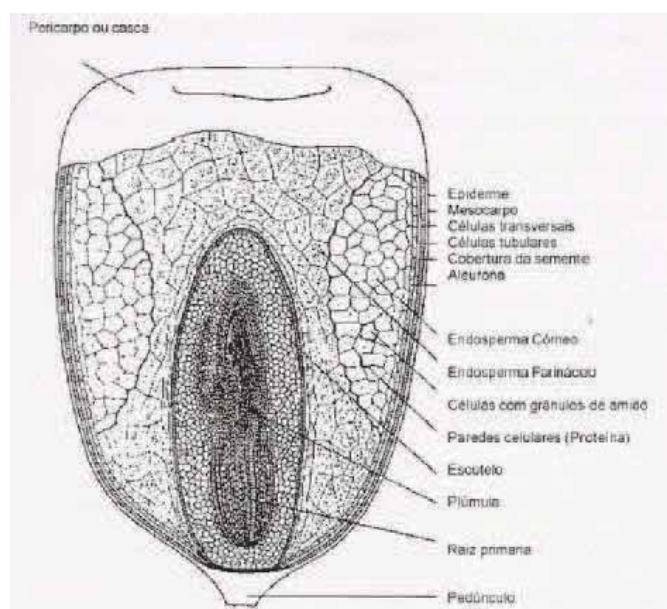


Figura 1. Seção transversal de um grão de milho (HOSENEY, 1994).

O endosperma representa aproximadamente 83 % do peso seco do grão, consistindo principalmente de amido (88 %), organizado na forma de *grânulos*. Estão também presentes as proteínas de reserva (8 %) do tipo prolaminas, chamadas *zeínas* (PEREIRA, 2006).

Na camada de aleurona e no endosperma córneo, estão presentes os carotenóides, pigmentos que conferem a cor aos grãos de milho. Zeaxantina, luteína, betacriptoxantina, alfa e beta carotenos são os principais carotenóides encontrados nos grãos de milho. Sendo que a zeaxantina e a luteína são de extrema importância por serem essenciais para a preservação da mácula ocular e evitar problemas de visão relacionados ao envelhecimento, como a degeneração macular, que é uma doença ocular grave e causa a cegueira nas pessoas com mais de 65 anos (PAES, 2006; CASTRO, 2009).

O gérmen representa 11 % do grão de milho e concentra quase a totalidade dos lipídeos (óleo e vitamina E), 83 %, e dos minerais (78 %) do grão, além de conter quantidades importantes de proteínas (26 %) e açúcares (70 %). Essa fração é a única viva do grão e onde estão presentes as proteínas do tipo albuminas, globulinas e glutelinas (BRESSANI, et al., 1990; PEREIRA, 2006; PAES, 2008).

O pericarpo representa, em média, 5 % do grão e é responsável pela proteção dos outros componentes do grão com relação à elevada umidade do ambiente, insetos e microrganismos. As camadas de células que compõem essa fração são constituídas de polissacarídeos do tipo hemicelulose (67 %), celulose (23 %), lignina (0,1 %) e o restante, umidade. O pedúnculo é a menor estrutura, 2 % do grão, e é responsável pela conexão do grão ao sabugo, sua composição é essencialmente de material lignocelulósico (PAES, 2006).

3.2 MOAGEM ÚMIDA

A moagem úmida do milho é um processo industrial que separa o grão nos seus co-produtos: germe, fibra, amido e fração proteica. Estes componentes são de grande importância. É o principal processo de produção de amido e outros produtos proteicos assim como produtos com alto teor de óleo (LOPES - FILHO, 1997; ARORA, et al., 2008).

É o segundo maior setor de utilização do milho no país, depois da alimentação animal. Esse processo envolve transformações químicas, bioquímicas e operações mecânicas com o objetivo de separar o grão de milho em frações relativamente puras: germe (com alto teor de óleo), fibra (proveniente do pericarpo), amido (61 %) e fração proteica (7 %) que é constituído pelas proteínas glutelina, globulina, albumina e zeína (SINGH e ECKHOFF, 1996; ROSE et al., 2010; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA..., 2011).

A principal etapa do processo é a maceração, pois envolve transformações químicas e bioquímicas, que facilitam a separação dos co-produtos. Nesta etapa o grão é imerso em solução com concentrações de ácido láctico e dióxido de enxofre e temperatura controladas, sob determinado período de tempo. Todos estes fatores possuem grande importância no processo, sendo que o ácido láctico e o dióxido de enxofre têm como função, amaciar o grão e auxiliar a liberação do amido das redes de proteínas, respectivamente. A temperatura de 52 °C e o baixo pH são ideais para facilitar a hidratação e o amaciamento do grão, ajudando assim na separação de seus componentes (MUSSOLINI, 2009). O fluxograma do processo da moagem úmida é apresentado na Figura 2.

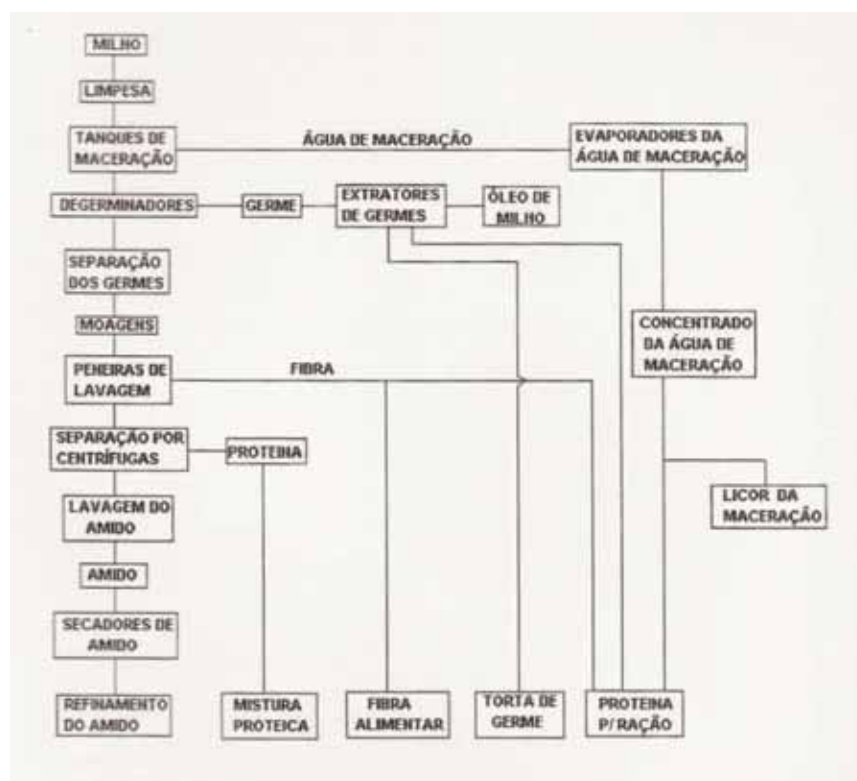


Figura 2. Fluxograma da moagem de milho por via úmida.

Fonte: LOPES - FILHO (1997), adaptado de ANDERSON e WATSON (1982).

Os co-produtos obtidos pela moagem úmida têm diversas e diferentes utilizações. O amido, considerado o produto primário da moagem úmida, possui diversas aplicações, como por exemplo na indústria têxtil e de papel (BRANDEMART, 2004), mas é principalmente utilizado como aditivo alimentício (melhora as propriedades de textura dos alimentos) e na conversão em xaropes e etanol (RAMIREZ et al., 2008). No entanto, a fração proteica e a

fibra alimentar, devido ao baixo valor econômico, vêm sendo utilizados basicamente em formulações para ração animal (MANZONI, 2000). A fibra do milho vem sendo utilizada como alternativa para enriquecer produtos alimentícios destinados ao consumo humano, uma alternativa para agregar valor a este co-produto.

3.3 FIBRAS ALIMENTARES

A *American Association of Cereal Chemistry* (AACC) definiu fibra alimentar como sendo: “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. Inclui também polissacarídeos, oligossacarídeos, lignina e substâncias associadas a vegetais. Promove efeitos fisiológicos benéficos, incluindo o laxativo e/ou atenuação do colesterol sanguíneo e/ou controle da resposta glicêmica” (AACC, 2001).

O *Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses* (CCNFSDU) definiu fibra alimentar como sendo “constituída de polímeros de carboidratos com dez ou mais unidades monoméricas, que não são hidrolisados pelas enzimas endógenas no intestino delgado e que podem pertencer a três categorias: polímeros de carboidratos comestíveis que ocorrem naturalmente nos alimentos na forma como são consumidos; polímeros de carboidratos obtidos por material cru por meio físico, químico ou enzimático e que tenham comprovado efeito fisiológico benéfico sobre a saúde humana; polímeros de carboidratos sintéticos que tenham comprovado efeito fisiológico benéfico sobre a saúde humana, e determinados por método previamente harmonizado” (CODEX ALIMENTARIUS, 2010).

O efeito das fibras na alimentação humana veio a ser mais estudado por nutricionistas e cientistas de alimentos a partir dos últimos anos, quando estudos epidemiológicos indicaram a relação entre a falta deste constituinte na dieta e a ocorrência de doenças comuns como: câncer de cólon, diabetes, hipercolesterolemia, diverticulite, constipação intestinal, obesidade e cálculos biliares. Dentre os efeitos benéficos da fibra alimentar à saúde humana, pode-se citar: prolongamento do tempo de esvaziamento gástrico; diminuição do nível de glicose sérica; aumento da taxa de excreção de ácidos biliares; formação de ácidos graxos de cadeia curta, como por exemplo, propionato, acetato e o butirato; aumento do volume fecal e da sua capacidade de ligação à água (TROWELL; BURKITT; HEATON, 1985; CECCHI, 1999; OHR, 2004; STEWART et al., 2010).

Grãos de cereais são fontes importantes de fibra dietética, que ocorrem em quantidades decrescentes do pericarpo para o endosperma. As fibras derivadas de cereais incluem

principalmente polissacarídeos da parede celular dos grãos: celulose, hemicelulose, lignina, pectina e amido resistente (CALLEGARO et al., 2005; SLAVIN, 2010).

A lignina é um material fenólico e a celulose é um polímero de glicose com ligações glicosídicas em β – (1 $\rightarrow$ 4). Já a hemicelulose é um grupo de heteropolissacarídeos com arabinoxilanas e β -glucanas, que é seu maior constituinte (ZHANG e HAMAKER, 2010).

As pectinas encontram-se principalmente depositadas na parede celular, atuando como material de ligação entre as células e fazem parte da fração solúvel das fibras alimentares (BOTELHO, L. et al., 2002).

O amido resistente (AR) é definido como a soma de amido e produtos da degradação de amido que não são absorvidos no intestino delgado de indivíduos saudáveis”. O termo amido resistente considera basicamente quatros tipos de amido (CHAMP et al., 2003):

- AR tipo 1: amido fisicamente inacessível, presente em grãos e sementes (leguminosas) parcialmente triturados devido à presença de parede celular rígida e intacta;
- AR tipo 2: grânulos de amido resistente nativo presentes na batata crua, banana verde e amido de milho rico em amilose;
- AR tipo 3: amilose e amilopectina retrogradadas formadas nos alimentos processados (pão e *corn flakes*) e alimentos cozidos e resfriados (batata cozida). O amido é insolúvel em água fria, porém se gelatiniza em presença de água e calor; durante o resfriamento, ocorre a retrogradação do amido, tornando-o resistente à ação da alfa-amilase;
- AR tipo 4: amido quimicamente modificado, incluindo éteres e ésteres de amido, amidos com ligação cruzada e amidos pirodextrinizados (ASP, 1994; PEREIRA, 2007).

A maltodextrina resistente é produzida a quente pela hidrólise do amido de milho em meio ácido e em baixas concentrações de umidade. A maltodextrina resistente não é composta somente de ligações glicosídicas pirólise α - (1 $\rightarrow$ 6) e α - (1 $\rightarrow$ 4) como no amido nativo, mas contém também ligações 1 $\rightarrow$ 2 e 1 $\rightarrow$ 3. Em virtude dessas características estruturais, contém produtos que são parcialmente hidrolisados pelas enzimas digestivas de humanos, resultando, dessa forma, em produto de baixo valor calórico ($\pm$ 0,5 Kcal/g) (FILISSETTI, 2007).

A quantidade e a composição da fibra alimentar variam com o tipo do tecido e as proporções dos diferentes constituintes e difere de um alimento para outro, sendo que a maior concentração é encontrada nos farelos dos cereais que corresponde à cobertura externa dos grãos e em alimentos como frutas ou verduras. Há alternativas para a complementação e balanceamento da dieta com fibras, nas quais são utilizadas fibras sintéticas e produtos

enriquecidos com fibras, como pães, biscoitos e barra de cereais (CHO; DREHER, 2001; MÁRQUEZ, 2001).

Recomenda-se a ingestão de 20 a 40 g de fibra alimentar ao dia, dos quais aproximadamente 70 % devem ser insolúveis e 30 % solúveis (MATTOS e MARTINS, 2000; MÁRQUEZ, 2001). A recomendação de consumo mínimo pela *American Dietetic Association* (1988) está entre 20 e 35 g por dia, e o *National Cancer Institute* recomenda ingestão diária de 25 a 35 g ou 10 a 13 g/ 1000 Kcal. Em 2002, a Academia Nacional de Ciências lançou o Guia de Referências Dietéticas (DRI) para macronutrientes e fibras. As recomendações propõem para pessoas de todas as idades um consumo de 14 g de fibra total/ 1000 Kcal (INSTITUTE, 2002). Para crianças existe a recomendação da Academia Americana de Pediatria para consumo mínimo a partir de dois anos de vida com 0,5 g/Kg/dia (VÍTOLO, et al., 1998).

A classificação em fibras solúveis (FAS) e fibras insolúveis (FAI), está baseada na solubilidade em solução enzimática de pH controlado, como é o caso no sistema digestório humano. Essas duas frações possuem funções fisiológicas e benefícios nutricionais distintos. Fibras alimentares insolúveis (FAI) são fermentadas lenta e incompletamente, tendo efeitos mais pronunciados nos hábitos intestinais e diminuem o risco de hemorróidas e das doenças diverticulares do cólon (WANKENNE, 1999; JONES, 2001; RODRIGUEZ et al., 2006).

Fibras alimentares solúveis (FAS) são viscosas e com alta capacidade de absorção de água, apresentam efeitos principalmente sobre a absorção de glicose e lipídios no intestino delgado e são facilmente fermentadas por bactérias no cólon, além disso, os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), resultantes da sua fermentação reduzem os níveis do colesterol no sangue. Esta hipocolesterolemia pode ser decorrente da adsorção dos ácidos biliares pela fibra ou inibição da biossíntese de colesterol no fígado devido aos AGCC, principalmente propionato, produtos da fermentação (MORRIS, 1992; ASP et al., 1992; JONES, 2001; PINS E KAUR, 2006; RODRIGUEZ et al., 2006; ANDERSON et al., 2009).

A maior parte das pectinas, gomas e certas hemiceluloses são FAS, enquanto celulose, algumas pectinas, grande parte das hemiceluloses e lignina são FAI. A fibra alimentar, ou componentes da fibra alimentar, podem também ser extraídas de sementes, exsudatos de árvores, algas marinhas e raízes tuberosas e ser incorporados aos alimentos com a finalidade de melhorar seus atributos sensoriais e suas características funcionais.

A quitina é formada pela polimerização de aminoaçúcares, fungos, leveduras e por invertebrados, produzindo uma concha protetora ou o exoesqueleto, como, por exemplo, no camarão, na lagosta e no caranguejo. As quitosanas, que são derivadas da quitina, quando

consumidas por animais na forma de rações, apresentam as mesmas propriedades da fibra alimentar. Sendo assim, elas podem ser incluídas na fração fibra dos alimentos, apesar de não serem rigorosamente derivadas de alimentos de origem vegetal (FILISETTI, 2007).

O Quadro 1 apresenta os tipos de fibras e suas fontes.

Quadro 1. Tipos de fibras dos alimentos e suas fontes.

TIPOS	FONTES
- Celulose - B-glicanos - Hemicelulose - Pectinas - Frutanos (Inulina e Frutooligossacarídeos) - Amido resistente - Quitina (quitosanas) - Rafinose, estaquiase e verbascose - Lignina - Ágar - Carragenanas - Ácido algínico - Goma <i>karaya</i> - Goma tragacante - Goma arábica - Goma locuste - Goma guar - Goma <i>psyllium</i> - Gomas xantanas	- Vários farelos, vegetais e todas as plantas comestíveis - Grãos (aveia, cevada e centeio) - Grãos de cereais e boa parte das plantas comestíveis - Frutas (maçã, limão, laranjas), vegetais, legumes e batata - Alcachofra, cevada, centeio, raiz de chicória, cebola, banana, alho, aspargo - Bananas verdes, batata, produtos de amido processado - Fungos, leveduras, exoesqueleto de camarão, lagosta e caranguejo - Cereais, legumes e tubérculos - Plantas maduras - Algas marinhas vermelhas - Algas marinhas vermelhas - Algas marinhas marrons - Exsudatos de plantas - Exsudatos de plantas - Exsudatos de plantas - Sementes de plantas - Sementes de plantas - Sementes de plantas - Microorganismos
TIPOS DE FIBRA ALIMENTAR PRODUZIDAS INDUSTRIALMENTE	
TIPOS	FONTES
- Frutooligossacarídeos - <i>Trans</i>-Galactooligossacarídeos - Goma guar modificada (PHGG) - Polidextrose - Maltodextrina resistente - Amido resistente R3 e R4	- Síntese enzimática a partir da sacarose - Hidrólise enzimática da inulina da raiz do almeirão - Síntese enzimática a partir da lactose - Hidrólise enzimática dos galactomananos da goma guar - Polimerização da glicose a quente na presença de vácuo, sorbitol e ácido cítrico - Hidrólise ácida do amido de milho seguida de hidrólise enzimática - Fontes de amido gelatinizado e resfriado/congelado

Adaptado de: FILISETTI (2007).

3.3.1 Fibras Solúveis

Todas as fibras solúveis em contato com a água formam uma rede onde a água fica retida, gelificando a mistura. Deste grupo, fazem parte as pectinas, os frutanos, as gomas e mucilagens, assim como algumas hemiceluloses (BUENO, 2005).

As fibras solúveis, tais como as pectinas, são encontradas principalmente nas frutas e vegetais, especialmente laranjas, maçãs e cenouras. São encontradas também nos folículos da casca, nos legumes, na cevada e aveia. Elas formam misturas de consistência viscosa, cuja intensidade depende da origem do vegetal ou da fruta utilizada.

Os frutanos são carboidratos de reserva, naturalmente presentes em inúmeras espécies vegetais, como cereais (trigo, centeio, cevada e aveia), raízes tuberosas (*yacón* e chicória), bulbos (alho, alho-poró e cebola), frutas (banana, maçã, pera e ameixa) e hortaliças (tomate, almeirão, aspargos, alcachofra e cebolinha). São polímeros formados por 2 a 70 unidades monoméricas de frutose, sendo que os fruto-oligossacarídeos (FOS) ou oligofrutose têm grau de polimerização (GP) menor que dez, enquanto a inulina, mistura de oligômeros e polímeros, tem GP maior que dez (mas variando de 2 a 70). A inulina tem moderada solubilidade em água e baixa viscosidade, e é extraída industrialmente da raiz da chicória (*Cichorium intybus*). Os FOS são produzidos por hidrólise enzimática parcial da inulina (FRANCK & BOSSCHER, 2009).

As gomas são polissacarídeos com viscosidade elevada, não pertencentes à parede celular, sendo que, no vegetal, são habitualmente destinados à reparação de áreas lesadas. São produtos frequentemente utilizados na indústria de alimentos como espessantes, estabilizantes e aglutinantes (HERNÁNDEZ; HERNÁNDEZ; MARTÍNEZ, 1995). Já as mucilagens são polissacarídeos pouco ramificados, não são componentes das paredes das células, e são encontradas no interior das sementes e das algas (HERNÁNDEZ; HERNÁNDEZ; MARTÍNEZ, 1995).

3.3.2 Fibras Insolúveis

A celulose, grande parte das hemiceluloses e a lignina, são exemplos de fibras insolúveis (Quadro 1) que captam pouca água e formam misturas de baixa viscosidade. Na planta, à medida que ocorre a maturação, a quantidade de lignina aumenta e ocorre a perda progressiva de água (MÁRQUEZ, 2001). O termo lignina é proveniente da palavra latina “*lignum*”, que significa madeira, denominando-se as plantas que possuem grande quantidade de lignina

como “lenhosas”. É caracterizada por ser um complexo aromático (não carboidrato) no qual existem muitos polímeros estruturais. Depois dos polissacarídeos, a lignina é o polímero orgânico mais abundante no mundo vegetal. A lignina executa múltiplas funções essenciais à vida das plantas, tal como o importante papel no transporte interno de água, nutrientes e metabólitos. Proporciona rigidez à parede celular originando um material que é excepcionalmente resistente aos impactos, compressões e trações (TUNGLAND; MEYER, 2002).

No que se refere às propriedades físicas, as ligninas são polímeros insolúveis em ácidos e bases fortes em condições específicas, não são digeridas nem absorvidas, são lentamente fermentadas no cólon, e sem dúvida, excelentes formadores de massa. Podem ligar-se aos ácidos biliares e a outros compostos orgânicos (por exemplo, o colesterol), retardando ou diminuindo a absorção desses componentes no intestino delgado (HERNÁNDEZ; MARTÍNEZ, 1995; MÁRQUEZ, 2001).

3.3.3 Aplicação de Fibras em Alimentos

Em alimentos, as fibras alimentares possuem funções tecnológicas, tais como a formação de géis, retenção de água ou lipídios, aumento da viscosidade influenciando na textura, formação e estabilização de emulsões e de espumas (DIEPENMAAT-WOLTERS, 1993). Thebaudin e colaboradores (1997) analisaram que para adicionar fibra em formulações faz-se necessário aumentar ou diminuir a quantidade de outros ingredientes, para melhorar atributos sensoriais, como por exemplo, maciez e textura, e proporcionar também redução do aporte calórico do produto desenvolvido. Alguns pesquisadores aumentaram o teor de fibra em pães, biscoitos e barras de cereais, substituindo parte da farinha ou gordura, tendo como principal finalidade os efeitos benéficos à saúde com a redução de calorias, e desenvolveram produtos bem aceitos sensorialmente (BRITO et al., 2004; SANTANA, 2006).

Outros trabalhos têm abordado o aproveitamento de vários resíduos da indústria de alimentos, sendo que o tipo de processamento é sempre ressaltado como um dos principais fatores que influenciam na qualidade da fibra (KAJISHIMA et al., 2001; PRAKONGPAN et al., 2002; COSTA, et al., 2005; MATSUURA, 2005).

Torna-se evidente a necessidade de se adequar a concentração elevada de fibra no alimento, gerando pequena mudança em suas características sensoriais e de textura, tornando o produto aceitável pelo consumidor. Conforme citado por Stauffer (1990 apud BENASSI;

WATANABE; LOBO, 2001) existem razões para se adicionar fibras em alimentos, entre elas, aumentar o teor de fibra alimentar consumida e diminuir o conteúdo energético do alimento.

De acordo com a Portaria nº 27 de 13 de janeiro de 1998, do Ministério da Saúde, para um produto ser considerado “fonte” de fibras é necessário que sua formulação contenha 3 g de fibras em 100 g, para alimentos sólidos, e 1,5 g em 100 mL para alimentos líquidos; já para o produto ser considerado “rico” é necessário que sua formulação contenha 6 g de fibras em 100 g, para alimentos sólidos, ou 3 g em 100 mL para alimentos líquidos (BRASIL, 2011).

3.3.4 Fibra de Milho

A fibra do milho é composta principalmente pelo pericarpo (estrutura que protege as outras estruturas do grão), entretanto, também contém material da parede celular do endosperma (CALLEGARO et al., 2005). A fibra do milho é composta quase completamente por fibra insolúvel (cerca de 90%). As fibras alimentares insolúveis do milho são compostas de celulose (~28%) e hemicelulose (~60%), e uma pequena quantidade de lignina (~1%). Contém ainda, um residual de amido, lipídeo, proteína, cinzas, compostos fenólicos e traços de compostos fitoquímicos (PAES, 2006; ROSE, et al., 2010). Representa entre 8,0 e 11,0 % do total do grão. No ano de 2008, nos Estados Unidos, cerca de 2,4 toneladas de fibra de milho foram produzidas através da moagem úmida (ROSE, et al., 2010). Geralmente, esse co-produto é largamente utilizado em ração animal, o que não gera alto valor agregado, porém, pesquisas recentes têm sido desenvolvidas para expandir a utilização de resíduos agroindustriais (RAUPP et al., 2002; HASKA, et al., 2010; ROSE, et al., 2010).

Aplicações mais lucrativas destes co-produtos permitirão um maior retorno econômico para os agricultores em função do aumento dos lucros, além de proporcionar melhores benefícios aos consumidores (ROSE, et al., 2010).

Grande parte da fibra de milho tem sido também usada na produção de álcool combustível, no entanto aplicações destes co-produtos em alimentos também podem aumentar seu valor agregado (ROSE, et al., 2010).

Pesquisas sobre a utilização de co-produtos da moagem do milho em produtos alimentícios iniciaram com a adição de fibra de milho em pães, bolos e muffins, com o objetivo de aumentar o teor de fibras nesses alimentos que são amplamente consumidos pela população (CALLEGARO, et al., 2005; ROSE, et al., 2010).

A fibra do milho aumenta o peso do bolo fecal e diminui o tempo de trânsito intestinal, como acontece com as fibras insolúveis de um modo geral. Quanto ao efeito da ingestão de

fibras sobre o colesterol sanguíneo, há alguma controvérsia entre diferentes publicações. ANDERSON et al. (1994), em estudo com ratos, não encontraram influência da fibra de milho sobre o colesterol sanguíneo. Por outro lado, CHERBUT et al. (1997), ao estudarem o efeito da utilização da fibra do milho como suplemento alimentar em humanos, observaram uma redução da colesterolemia de jejum e um aumento da razão colesterol livre/colesterol esterificado, efeito até então relacionado à fibras solúveis. Estes dados indicam que são necessários mais estudos sobre a caracterização e ações fisiológicas da fibra do milho (CALLEGARO, et al., 2005).

3.4 BARRAS DE CEREAIS

As barras de cereais apresentam formato retangular e tamanho pequeno, que com o passar dos anos tem se modificado, passando de um produto “duro” e crocante para um produto “macio” e mastigável, e atualmente também oferecido com cobertura de chocolate (MATSUURA, 2005).

Em 1992, foi lançada no Brasil a primeira barra de cereais, porém não muito bem aceita pelo consumidor. Alguns anos depois, foram ganhando espaço, chegando a um crescimento de 25% ao ano, provavelmente devido à sua praticidade, aos seus valores nutricionais e ao seu sabor (BUENO, 2005). Esse crescimento exponencial do mercado de barras de cereais nos últimos vinte anos deve-se ao desenvolvimento de produtos inovadores, por meio da fortificação com vitaminas e minerais e a incorporação de compostos bioativos (CAPRILES, 2009). Acredita-se que as barras de cereais movimentem anualmente US\$ 20 milhões a US\$ 35 milhões (BARBOSA, 2009).

Os ingredientes tradicionais utilizados na formulação de barras de cereais incluem cereais, frutas e castanhas. Entre os principais aspectos considerados na elaboração desse produto destacam-se a escolha do cereal (aveia, trigo, arroz, milho, cevada), a seleção do carboidrato apropriado de forma a manter o equilíbrio entre o sabor e vida de prateleira, o enriquecimento com vários nutrientes, sua estabilidade no processamento e o uso de fibra alimentar (O’CARROL, 1999; CAPRILES, 2009). Os ingredientes devem ser combinados de forma adequada para garantir que se complementem mutuamente nas características de sabor, textura e propriedades físicas, particularmente no ponto de equilíbrio de atividade de água (MURPHY, 1995; ESTELLER, 2004).

As barras de cereais utilizam uma diversidade de ingredientes e atendem a vários segmentos de consumidores preocupados com uma vida saudável (DEGÁSPARI, et al.,

2008). Os atributos sensoriais somados à procura por benefícios à saúde têm possibilitado o desenvolvimento de barras de cereais com novos ingredientes alimentícios, nutritivos e funcionais (PALAZZOLO, 2003). Mitchell e Boustain (1990) examinaram a opinião de consumidores de barras de cereais e constataram que, respostas associadas com alimento saudável e apelos, relacionando saúde e sabor, são as razões de compra do produto.

Uma forma de aumentar o teor de fibra alimentar em produtos alimentícios é incorporá-las em barras de cereais. Aramouni e Gloush (2010) desenvolveram barras de cereais de trigo e soja, e encontraram 7,5 g de fibra alimentar em 100 g de formulação. Garcia (2010) ao analisar barras de cereais com farelo de arroz encontrou valores em torno de 11 g/100 g de formulação. Já Capriles (2009) desenvolveu barras de cereais com amaranto e encontrou teores de fibra alimentar em torno de 28 g em 110 g de formulação.

Azlyn e colaboradores (1989) obtiveram barras com 20 % de fibra bem aceitas sensorialmente, produzidas com farelo de trigo e milho. Já Clark e Johnson (2002) estudaram o enriquecimento de barras de cereais com 53 g de fibra de tremço e verificaram a redução da aceitação sensorial global dos produtos elaborados.

A partir destes aspectos vê-se a necessidade de se desenvolver barras de cereais enriquecidas com fibras alimentares e palatáveis, como forma de aprimorar o produto desenvolvido.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATÉRIA PRIMA

Dois tipos de fibras de milho (FM) foram usados na caracterização físico-química:

- Fibra obtida por moagem úmida do milho em laboratório (FL), que foi obtida de grãos de milho inteiro (híbridos 30F98, DOW2B587 e A2555), fornecido pelo IAC (Instituto Agrônomo de Campinas). Estes grãos de milho apresentaram como composição centesimal: $9,06 \pm 0,19$ % de umidade, $6,80 \pm 0,05$ % de lipídeos, $9,58 \pm 0,13$ % de proteínas, $1,81 \pm 0,04$ % de cinzas e 81,81 % de carboidratos totais, estimados por diferença. A moagem úmida foi realizada anteriormente em outro estudo;
- Fibra fornecida pela indústria de processamento do milho (Corn Bran Flour-R; FI) “Integrada Cooperativa Agroindustrial”, extraída por processo de moagem semiúmida.

A Figura 3 mostra os dois tipos utilizados.

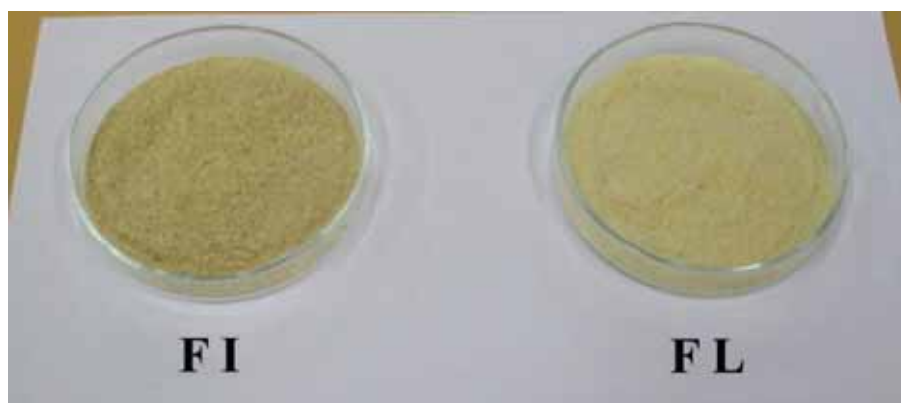


Figura 3. Fibra de milho fornecida pela indústria de processamento do milho (FI) e obtida por moagem úmida do milho em laboratório (FL).

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Obtenção das Fibras e Preparação de Amostras

A moagem úmida em laboratório foi realizada no ano de 2009 como parte do trabalho de Mestrado de Renata Mussolini, seguindo metodologia de Eckhoff et al., 1993. Na moagem

úmida primeiramente, os grãos passam pela etapa de limpeza, para a retirada de impurezas, que podem contaminar os co-produtos obtidos, e dos grãos quebrados, que podem permitir a transferência do amido do grão para a água de maceração. Após a limpeza, seis etapas são destacadas: maceração, primeira moagem, recuperação do germe, segunda moagem, recuperação da fibra e separação amido-proteína. No processo são obtidas as frações de amido, germe, fibra e glúten.

A fibra de milho (Corn Bran Flour-R) proveniente da indústria foi extraída por moagem semiúmida que é caracterizada pela pequena elevação da umidade do grão de 14 para 20 % por meio do seu condicionamento em água e vapor a temperatura de 60 °C.

As porções de fibra foram moídas duas vezes em moinho de disco para cereais (Cereal Hand Mill-Eberle) e peneiradas em peneira com abertura de 0,50 mm para padronização da sua granulometria.

4.2.2 Caracterização das Fibras

4.2.2.1 Composição Centesimal

Foram determinados para as amostras, os teores de umidade, proteína, cinzas, lipídeos, fibras e carboidratos disponíveis.

Determinação da umidade: utilizou-se o método gravimétrico, descrito pela AOAC (1995). Efetuou-se a pesagem de aproximadamente 5 g de amostra em placas de Petri, previamente secas. As amostras foram dessecadas em estufa modelo MA 033 Marconi a 105 °C e submetidas, após 4 h, à pesagem, depois do resfriamento no dessecador. Este procedimento foi repetido de hora em hora até que atingisse peso constante. A análise foi realizada em triplicata. A concentração de sólidos totais foi determinada utilizando-se a equação 1 e o teor de umidade utilizando-se a equação 2.

$$\text{Concentração sólidos totais} = \frac{[(\text{Peso placa} + \text{amostra seca (g)}) - \text{Peso placa vazia (g)}] * 100}{\text{Peso amostra úmida (g)}}$$

(Equação 1)

$$\text{Concentração umidade} = 100 - \text{sólidos totais (g)} \quad (\text{Equação 2})$$

Determinação de proteína: O nitrogênio total foi determinado pelo método Kjeldhal, conforme AOAC (1995), utilizando bloco digestor modelo MA-4025 Marconi e destilador de Nitrogênio modelo MA-036 Marconi. A proteína foi calculada multiplicando-se a porcentagem de nitrogênio total pelo fator de conversão 6,25. A análise foi realizada em triplicata. Foi encontrado o percentual de nitrogênio total da amostra, conforme a equação 3. Para determinação do percentual de proteína utilizou-se a equação 4.

$$\% N = \frac{\text{mL HCl}_2 * N \text{ HCl}_2 * 14 * 100}{\text{Peso amostra (g)}} \quad (\text{Equação 3})$$

$$\% \text{ Proteína} = \% N * \text{Fator de conversão} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde: fator de conversão é 6,25

Determinação de cinzas: A determinação do teor de cinzas foi realizada segundo o método AOAC (1995), mediante calcinação em mufla a 550 °C por 6 horas. Após a obtenção de cinzas claras e peso constante, retiraram-se os cadinhos com as amostras da mufla, que foram resfriados em dessecador e pesados em balança analítica Ultra Mark 250^a Classe I Bel equipamentos. A análise foi realizada em triplicata. O percentual de resíduo mineral (RM) foi determinada utilizando-se a equação 5.

$$\% \text{ RM} = \frac{[(\text{Peso cadinho porcelana} + \text{RM}) - \text{Peso cadinho}] * 100}{\text{Peso amostra (g)}} \quad (\text{Equação 5})$$

Determinação de lipídeos: Para determinação de lipídeos totais seguiu-se o método n°4.10, do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008). O teor de lipídeos totais foi efetuado utilizando o extrator Soxhlet adaptado, com bateria de extração MA-488 Marconi, com éter de petróleo como solvente, por seis horas, seguido de secagem em estufa Controlador Modelo 515A Fanem SP – Brasil a 105 °C por duas horas, para pesagem posterior. Os balões redondos de fundo chato foram secos a 105 °C na mesma estufa descrita acima, seguido de acondicionamento em dessecador e pesagem. A análise foi realizada em triplicata. O teor de lipídios foi calculado utilizando-se a equação 6.

$$\% \text{ lipídeo} = \frac{[\text{Peso balão com resíduo lipossolúvel} - \text{Peso balão vazio}]}{\text{Peso amostra (g)}} * 100 \quad (\text{Equação 6})$$

Determinação de fibra alimentar: O conteúdo de fibra alimentar foi determinado utilizando-se o método enzimático gravimétrico para quantificação das frações solúvel e insolúvel, segundo metodologia proposta por PROSKY et al. (1988) e utilizando-se o kit enzimático TDF100A-1KT (Sigma-Aldrich, USA). As amostras de fibra foram secas, desengorduradas, trituradas e peneiradas em peneira com abertura de 0,50 mm. Pesou-se em quadruplicata 1 g da amostra de maneira que o peso entre as mesmas não diferissem com tolerância máxima de 0,005 g. Colocou-se em erlenmeyer de 250 mL, adicionou-se 50 mL de solução tampão fosfato (pH 6,0) e 0,10 mL de α -amilase termorresistente (Sigma Aldrich), cobrindo-se os erlenmeyers com folha de alumínio. Os erlenmeyers foram levados ao banho-maria a temperatura entre 95-100 °C durante 30 minutos. Após o resfriamento, o pH foi corrigido para 7,5 com NaOH 0,275 N e adicionando-se em seguida 0,10 mL de protease (Sigma Aldrich) diluída em tampão fosfato. Novamente, colocou-se em banho-maria a 60 °C com agitação lenta e constante por 30 minutos. Depois de resfriados a temperatura ambiente ajustou-se o pH para 4,3 com HCl 0,325 N. Finalmente, adicionou-se 0,10 mL de amiloglicosidase (Sigma Aldrich) e incubou-se as amostras em banho a 60 °C por 30 minutos, com agitação lenta e constante.

- Fibra alimentar insolúvel

Cadinhos de vidro com placa porosa filtrante nº 2 previamente preparados (limpos com Extran 5 %, forrados com 1,0 g de celite, secos em estufa a 105 °C e tarados em mufla a 550 °C) foram molhados com aproximadamente 3 mL de água destilada para redistribuir a cama de celite. A mistura enzimática foi filtrada aplicando-se vácuo e o resíduo foi lavado duas vezes com 10 mL de etanol 95 % e acetona P.A. Os cadinhos foram colocados na estufa a 105 °C e deixados para secar o resíduo durante a noite. No dia seguinte, o resíduo insolúvel e o celite de dois dos quatro cadinhos foram levados para mufla a 550 °C, por 5 h para determinação das cinzas (AOAC, 1995). O resíduo insolúvel e o celite dos outros dois cadinhos foram utilizados para determinação das proteínas pelo método Kjeldahl (AOAC, 1995), com fator de conversão N x 6,25.

O teor de fibra alimentar insolúvel foi determinado com a equação 7.

$$\% \text{ FAI} = \frac{(\text{RI} - \text{P} - \text{C} - \text{BI}) * 100}{\text{M}} \quad (\text{Equação 7})$$

Onde:

RI = média do resíduo insolúvel da amostra (g)

P = média das proteínas no RI (g)

C = média de cinzas no RI (g)

M = média do peso das amostras (g)

BI = Branco da fibra insolúvel (g)

BI = RIB – PB – CB

RIB = média do resíduo insolúvel do branco (g)

PB = média de proteína no RIB (g)

CB = média de cinzas no RIB (g)

- Fibra alimentar solúvel

Os cadinhos de vidro foram preparados da mesma forma que para os da filtração da fibra insolúvel. Foram redistribuídas a cama de celite nos cadinhos utilizando-se aproximadamente 3 mL de água destilada. Mediu-se o volume do filtrado, transferiu-se para um béquer e adicionou-se quatro vezes o seu volume, etanol 95 % pré-aquecido a 60 °C. Após repouso por uma hora a temperatura ambiente formou-se um precipitado que foi filtrado sob vácuo. O resíduo obtido foi lavado duas vezes, com 10 mL de etanol 78 %, duas vezes com 10 mL de etanol 95 % e duas vezes com acetona P.A. Os cadinhos foram secos em estufa a 105 °C durante a noite. No dia seguinte, o resíduo solúvel e o celite de dois dos quatro cadinhos foram levados para mufla a 550 °C, por 5 h para determinação das cinzas (AOAC, 1995). O resíduo solúvel e o celite dos outros dois cadinhos foram utilizados para determinação das proteínas pelo método Kjeldahl (AOAC, 1995), com fator de conversão N x 6,25.

O teor de fibra solúvel foi determinado aplicando-se a equação 8.

$$\% \text{ FAS} = \frac{(\text{RS} - \text{P} - \text{C} - \text{BS}) * 100}{\text{M}} \quad (\text{Equação 8})$$

Onde:

RS = média do resíduo solúvel da amostra (g)

P = média das proteínas no RS (g)

C = média de cinzas no RS (g)

M = média do peso das amostras (g)

BS = Branco da fibra solúvel (g)

BS = RSB – PB – CB

RSB= média do resíduo solúvel do branco (g)

PB = média de proteína no RSB (g)

CB = média de cinzas no RSB (g)

- Fibra alimentar total:

O teor de fibra alimentar total foi calculado somando-se os valores de fibra alimentar insolúvel e fibra alimentar solúvel, aplicando-se a equação 9.

$$\% \text{ FAT} = \text{FAI} + \text{FAS} \quad (\text{Equação 9})$$

Determinação de carboidratos disponíveis: Foi calculado por diferença entre as porcentagens dos demais componentes, ou seja, subtraindo-se de 100 % a soma dos valores obtidos para os outros componentes.

4.2.2.2 Composição das Frações Componentes da Fibra

Determinação e caracterização de fibras: As fibras foram caracterizadas de acordo com sua composição em termos de celulose, hemicelulose e lignina pelos métodos de Fibra Detergente Neutro (F. D. N) e Fibra Detergente Ácido (F. D. A) proposto por Van Soest & Wine (1967). Este método é muito utilizado para determinar o conteúdo de fibras de plantas forrageiras que são qualquer espécie de vegetação, natural ou plantada, que cobre uma área e é utilizada para alimentação de animais, seja ela formada por gramíneas, leguminosas ou plantas produtoras de grãos (EMBRAPA, 2011). Este método tem baixo custo em relação ao enzimático e fornece resultados satisfatórios para a quantificação dos componentes hemicelulose, celulose e lignina.

- Método da fibra em detergente neutro (FDN) para obtenção dos constituintes da parede celular:

As amostras foram moídas duas vezes em moinho de disco para cereais (Cereal Hand Mill-Eberle), peneiradas em peneira de abertura 0,50 mm e secas em estufa a 50 °C por 12 horas.

Entre 0,5 a 1 g de amostra seca foi colocada no becker do aparelho digestor Modelo MA 450/3 Marconi, com 100 mL da solução detergente neutro, 2,0 mL de álcool isoamílico e 0,5 g de sulfito de sódio. A solução detergente neutro foi preparada misturando 30 g de sulfato láurico de sódio; 18,61 g de EDTA; 4,55 g de borato de sódio anidro; 4,56 g de fosfato ácido de sódio anidro e 10 mL de etileno glicol monoetil éter. Todos os reagentes foram diluídos em 1 L de água destilada, sob aquecimento em chapa aquecedora. Efetuou-se a digestão por uma hora em ebulição, seguida de filtração em cadinho filtrante de vidro com papel de filtro previamente secos em estufa a 105 °C por 4 horas. Depois da filtragem o resíduo foi lavado duas vezes com 40 mL de água destilada quente (temperatura entre 90 °C e 100 °C) e duas vezes com 40 mL de acetona P. A, tomando-se o cuidado para que toda a amostra fosse retirada da parede do becker. Em seguida os cadinhos foram levados à estufa a 105 °C por oito horas, resfriados em dessecador e pesado. A análise foi realizada em triplicata.

A fibra detergente neutro é definida como a porcentagem dos constituintes da parede celular, calculada pela diferença entre as pesagens. Os constituintes solúveis ou o conteúdo celular são obtidos subtraindo-se de 100 % a porcentagem encontrada para parede celular.

- Método da fibra em detergente ácido (FDA) para determinação da lignocelulose:

As amostras foram preparadas conforme descrito anteriormente. 1 g de amostra seca foi colocada no becker do aparelho digestor Modelo MA 450/3 Marcon, com 100 mL da solução detergente ácida e 2,0 mL de álcool isoamílico. A solução detergente ácida foi preparada com 20 g de Brometo-cetil-trimetilamônio diluído em 1L de ácido sulfúrico 1N. Efetuou-se a digestão por uma hora em ebulição, seguida de filtração em cadinho filtrante de vidro com papel de filtro previamente secos em estufa a 105 °C por 4 horas. Depois da filtragem o resíduo foi lavado duas vezes com 40 mL de água destilada quente (temperatura entre 90 °C e 100 °C) e duas vezes com 40 mL de acetona P. A, tomando-se o cuidado para

que toda a amostra fosse retirada da parede do becker. Em seguida os cadinhos foram levados à estufa a 105 °C por oito horas, resfriados em dessecador e pesado. A análise foi realizada em triplicata. A fibra detergente ácido foi calculada pela diferença entre as pesagens, sendo constituída na sua quase totalidade de lignocelulose, ou seja, lignina e celulose.

- Determinação da lignina:

A partir do resíduo da análise de detergente ácido determinou-se a lignina. Os cadinhos com a FDA foram colocados em uma bandeja de vidro, contendo uma camada de água de 4,0 cm de altura e a cada um deles foi adicionado 30 mL de solução combinada de permanganato de potássio (50 g de permanganato de potássio diluído em 1 L de água destilada) e solução tampão elaborada com 6 g de nitrato férrico hidratado; 0,15g de nitrato de prata; 500 mL de ácido acético glacial; 5 g de acetato de potássio e 400 mL de álcool butil terciário, diluídos em 100 mL de água destilada numa razão 2:1. Agitou-se a solução em cada cadinho com um bastão de vidro durante 15 minutos, para permitir que a solução 2:1 entrasse em contato com todas as partículas. Após os 15 minutos, realizou-se a filtração sob vácuo. O procedimento anterior foi repetido novamente, deixando-se a solução 2:1 em contato com as partículas durante 1 hora e 30 minutos. Depois realizou-se a filtração novamente.

A água adicionada inicialmente na bandeja foi renovada e adicionou-se nos cadinhos 30 mL de solução de desmineralização (50 g de ácido oxálico di-hidratado, 700 mL de etanol 95 %, 50 mL HCl 12 N e 250 mL de água destilada), permanecendo por 10 minutos em contato com as partículas e em seguida nova filtragem. Adicionou-se 30 mL de etanol a 80 %, nova filtragem, duas lavagens com etanol e duas com 30 mL de acetona P.A.

Os cadinhos com os resíduos foram secos em estufa a 100 °C durante 8 horas, resfriados em dessecador e pesados. A análise foi realizada em triplicata. O teor de lignina foi calculado pela perda de peso da FDA.

- Determinação da celulose:

Para determinar o teor de celulose, os cadinhos com o resíduo de lignina foram incinerados em mufla a 500 °C durante 2 horas, resfriados em dessecador e pesados. A análise foi realizada em triplicata.

A porcentagem de celulose foi calculada pela diferença entre as pesagens, antes e após calcinação.

- Determinação da cinza residual:

A cinza residual foi calculada pela diferença entre o peso do cadinho mais cinza e o peso inicial do cadinho. Esta cinza residual é composta principalmente de sílica, uma vez que grande parte dos minerais existentes na amostra foi solubilizada, durante a determinação da lignina.

4.2.3 Análise Microbiológica da Fibra

Para garantir a higiene e não contaminação das barras de cereais foi realizada a análise microbiológica da fibra cedida pela indústria.

As análises microbiológicas da fibra foram realizadas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas/UNESP.

As análises foram realizadas de acordo com a legislação vigente para farelo e fibras de cereais (Resolução - RDC Nº. 12, de 2 de janeiro de 2001; BRASIL 2001), que preconiza o monitoramento dos bioindicadores coliformes totais e termotolerantes a 45 °C/g, dos micro-organismos *Salmonella* spp./25 g, *Bacillus cereus*/g, além da pesquisa de *Staphylococcus* coagulase positiva (a RDC não exige que seja executada essa análise, porém foi realizada por ser um produto manipulado), conforme a metodologia recomendada por SILVA et al. (2010).

- Preparo das amostras:

No Laboratório de Microbiologia de Alimentos, a embalagem de polietileno contendo a fibra de milho (Corn Bran Flour-R), devidamente lacrada foi homogeneizada, aberta e retirados 10 g de amostra. Colocou-se a amostra em um frasco erlenmeyer contendo 90 mL de água peptonada. Após homogeneização obteve-se uma diluição de 10^{-1} . A partir desta diluição, preparou-se as demais diluições decimais seriadas (até 10^{-3}), utilizando o mesmo diluente (água peptonada 0,1 %).

- Determinação do Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais:

Para determinar o Número Mais Provável de coliformes, foram inoculadas três séries de três tubos contendo cada uma, 9 mL de Caldo Lauril Triptose (CLT) com 1 mL das diluições 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} . Cada tubo foi homogeneizado e incubado a 35 °C / 48 horas. Foram considerados positivos aqueles que apresentavam formação de gás em pelo menos 1/3

do tubo de Durhan. Para o cálculo do NMP de coliformes totais foi utilizada a tabela de Hoskins (padrão para diagnóstico da presença de coliformes à 35 e à 45 °C em alimentos e água).

- Determinação do NMP de coliformes termotolerantes:

Foi empregado o método dos tubos múltiplos, utilizando-se o Caldo EC com incubação a 44,5 °C / 24 horas. A determinação foi também feita usando-se a tabela de Hoskins como referência.

- Pesquisa de *Escherichia coli*:

Esta análise foi feita a partir dos tubos de ensaio contendo Caldo EC usados na quantificação de coliformes termotolerantes e que apresentavam turvação/gás no interior do tubo de Durhan. Foi retirada uma alçada de inóculo e semeado por esgotamento em placas de Petri contendo Ágar EMB. As placas foram incubadas em estufa a 35 °C por 24 horas. Após a incubação foi observado se houve o crescimento de colônias típicas (colônias negras com brilho verde metálico).

- Enumeração de *Staphylococcus* coagulase positiva:

Foram inoculadas 0,1 mL de cada diluição nas placas de Petri, em duplicata, sobre a superfície do Ágar Baird-Parker (BP). O inóculo foi cuidadosamente espalhado por toda a superfície do meio até sua total absorção (com auxílio da alça de Drigalsky). Posteriormente as placas de Petri foram incubadas em estufa a 35 °C por 24/48 horas.

- Pesquisa de *Salmonella* spp.:

Foram adicionados e homogeneizados 25 g da fibra de milho em 225 mL de Caldo Lactosado (CL). Incubou-se a 35 °C por 24 horas, após este período, 1 mL de cada cultivo foi transferido para os tubos de ensaio contendo 9 mL de Caldo Selenito Cistina (CSC). Foram realizadas semeaduras após 24 horas em placas de Petri, contendo Ágar *Salmonella Shigella* (ASS). As colônias com coloração creme com/sem centro negro foram submetidas a testes bioquímico e sorológico.

- Pesquisa de *Bacillus cereus*:

Foram inoculadas 0,1 mL de cada diluição, com e sem choque térmico sobre a superfície em placas de Ágar Manitol Gema de Ovo Polimixina (MYP), em duplicata. O

inóculo foi cuidadosamente espalhado por toda à superfície do meio até sua total absorção (com auxílio da alça de Drigalsky). Posteriormente as placas de Petri foram incubadas a 35 °C por 24/48 horas. O choque térmico foi utilizado para detecção de possíveis esporos.

4.2.4 Formulação das Barras de Cereais

Primeiramente, foram realizados testes preliminares para adequação das proporções de ingredientes, tempo de forneamento e temperatura do forno, e da melhor metodologia de preparo. Chegou-se então a três formulações adequadas, com porcentagens diferentes de fibra de milho e dois processamentos, com e sem forneamento.

Nas formulações das barras, foram utilizados xarope de glicose de milho, flocos de milho sem açúcar, uvas passas, castanha do Pará, açúcar mascavo, canela, adquiridos de comércio local e fibra de milho (Corn Bran Flour – R) cedida pela empresa de processamento de milho “Integrada Cooperativa Agroindustrial”. A fibra extraída no laboratório não foi utilizada nas formulações das barras em razão de ter sido obtida em estudo anterior onde não houve preocupação com procedimentos higiênico-sanitários necessários para uso em produto alimentício. A proporção dos ingredientes utilizados nas diferentes formulações, para a produção das barras de cereais são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Ingredientes utilizados para a produção das barras de cereais (g/100g).

Ingredientes	Peso (g)		
	Formulação 1	Formulação 2	Formulação 3
Xarope de glicose de milho	40,00	40,00	40,00
Flocos de milho sem açúcar	32,00	22,00	12,00
Castanha do Pará	7,00	7,00	7,00
Uva passa	7,00	7,00	7,00
Açúcar mascavo	3,00	3,00	3,00
Canela	1,00	1,00	1,00
Fibra de milho (Corn Bran Flour – R)	10,00	20,00	30,00

A proporção entre o agente de ligação (xarope) e os ingredientes secos foi de 40:60, conforme citado por Murphy (1995), e padronizada em testes preliminares. O processamento das barras foi manual de acordo com o fluxograma da Figura 4 e realizado conforme indicações apresentadas por Ridderbusch (1985) e Murphy (1995). Neste processamento, o

xarope de glicose de milho foi previamente aquecido até atingir a temperatura de 95 °C. Os ingredientes secos foram misturados separadamente e incorporados ao xarope de milho instantaneamente e misturados novamente. A seguir, essa mistura de ingredientes secos com o xarope foi acondicionada em duas bandejas de inox, prensadas e laminadas com rolo de polietileno. Uma das bandejas foi deixada em temperatura ambiente para esfriar, durante 24 horas (embalada em plástico filme de polipropileno), e a outra bandeja foi levada ao forno turbo a vapor a 100 °C durante 20 minutos. A seguir, realizou-se o corte das barras, com uso de molde retangular cortante, para padronização do tamanho, seguido de acondicionamento em plástico de polietileno e selado em seladora a quente para plásticos. O armazenamento foi realizado em temperatura ambiente por 24 horas, até a realização da análise microbiológica.

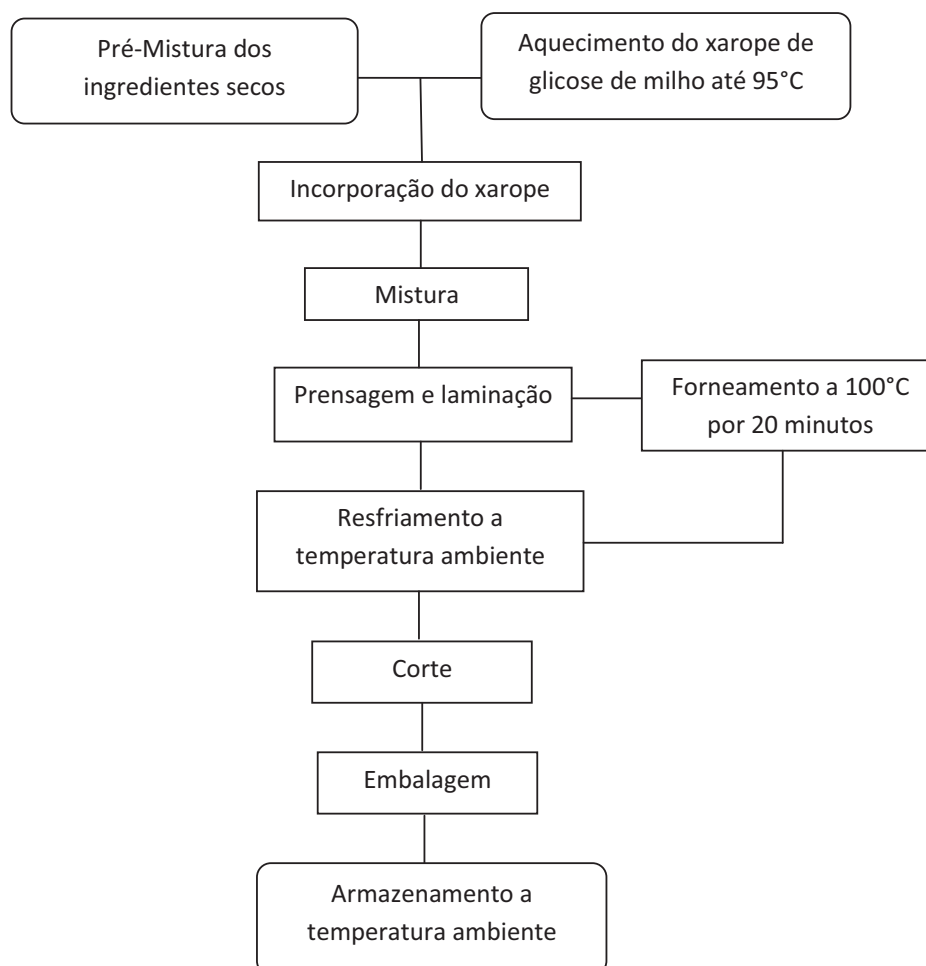


Figura 4. Fluxograma das operações de processamento das barras de cereais.

4.2.5 Análises Físicas das Barras de Cereais

As características físicas foram obtidas por meio das análises de:

- Volume: com auxílio de um paquímetro foram medidos o comprimento, largura e altura de dez unidades aleatórias. Esses valores foram utilizados para o cálculo do volume das barras, segundo a equação 10.

$$\text{Volume (cm}^3\text{)} = \text{altura (cm)} \times \text{comprimento (cm)} \times \text{largura (cm)}. \quad (\text{Equação 10})$$

O volume específico foi calculado pela relação volume / peso (cm^3/g).

- Densidade: A densidade (g/cm^3) foi determinada a partir da conversão do volume específico. Converteu-se a densidade, utilizando a relação $1 / \text{volume específico}$.

- Análise do Perfil de Textura – TPA (KIM et al., 2009) - foi realizada em texturômetro TA-XT2i (Stable Micro Systems), utilizando-se uma sonda cilíndrica de alumínio com 25 mm de diâmetro (P25), velocidade de teste de 1 mm/s e compressão de 50 % da amostra (Figura 5). Foram realizadas dez análises aleatórias. Com os dados gerados pelo programa “Texture Expert”, calcularam-se os parâmetros de dureza, coesividade, elasticidade e mastigabilidade.

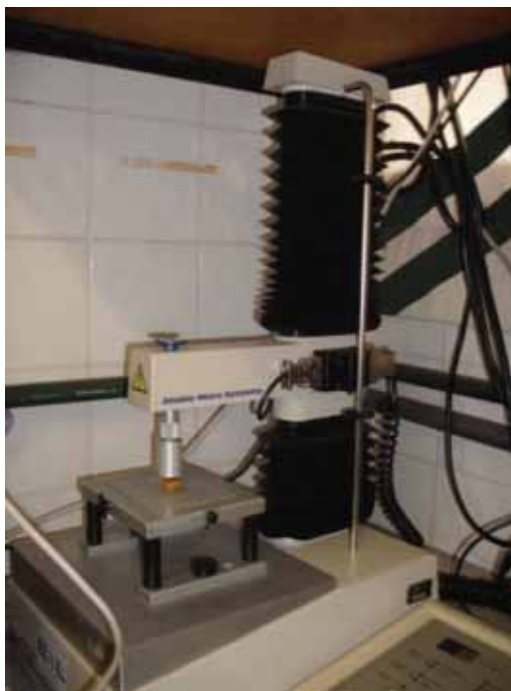


Figura 5. Análise do Perfil de Textura (TPA) das barras de cereais.

- pH: foi avaliado em triplicata, de acordo com o método da AOAC 945.42, utilizando-se um pHmetro. Foram pesadas 10 g de cada amostra esfarelada em um bequer e diluídas com auxílio de 100 mL de água destilada. O conteúdo foi agitado até que as partículas ficassem uniformemente suspensas. Foi colocado o eletrodo no conteúdo e medido o pH.

- Atividade de água: Para determinação da atividade de água (A_w), utilizou-se o aparelho Retronic Higromer WA-1 – Higrolab – Multi Channel Humidity - Water Activity Analyser, a temperatura constante ($24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$), fazendo-se as medições em triplicata.

- Cor: a análise de cor foi realizada em triplicata em colorímetro Hunterlab, modelo Color Flex, utilizando iluminante D65 e observador 10° . Utilizou-se o sistema CIE- $L^*a^*b^*$, obtendo-se valores de L^* (luminosidade), a^* (componente vermelho-verde), b^* (componente amarelo-azul), C^* (croma) e H^* (tonalidade cromática).

4.2.6 Análises Químicas das Barras de Cereais

Para determinar as características químicas foi realizada a composição centesimal:

- Umidade em estufa a $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ conforme método descrito pela AOAC (1995);
- Lipídios pelo método de Bligh-Dyer (1959). Três gramas de cada amostra moída foram pesadas e transferidas para tubos de 70 mL. Adicionou-se 10 mL de clorofórmio, 20 mL de metanol e 8 mL de água destilada, tampou-se hermeticamente e agitou-se em agitador rotativo por trinta minutos. A seguir, foram adicionados 10 mL de clorofórmio e 10 mL de solução de sulfato de sódio 1,5 %, agitou-se novamente por mais cinco minutos. As amostras foram deixadas em repouso até separação das fases clorofórmio e amostra e fase metanólica. Retirou-se 15 mL da camada inferior (clorofórmio) e transferiu-se para um tubo de 30 mL com 1,0 g de sulfato de sódio anidro, tampou-se e agitou-se, para retirar os traços de água. A seguir, filtrou-se rapidamente em funil forrado com papel de filtro quantitativo. Mediu-se exatamente 5,0 mL do filtrado e transferiu-se para um béquer de 50 mL (previamente seco a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ e pesado), levou-se os béqueres para estufa a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ até evaporação total do solvente (aproximadamente 15 minutos), resfriou-se os béqueres em dessecador e realizou-se a pesagem. Este procedimento foi repetido até peso constante.
- Proteínas pelo método de Kjeldahl, empregando-se o fator 6,25 para a conversão do nitrogênio em proteína bruta (AOAC, 1995);
- Cinzas por incineração do material em mufla a $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ (AOAC, 1995),

- Teor de fibra solúveis e insolúveis pelo método enzimático gravimétrico, proposto por Prosky et al., (1988). A fibra alimentar total foi obtida pela soma das frações solúvel e insolúvel, como preconiza o mesmo método. A fibra alimentar foi quantificada nas barras com 10 % de fibra de milho, com e sem fornecimento, pois foram as barras que apresentaram as melhores notas na análise sensorial, para os atributos aparência (7,0) e sabor (7,0), conforme será apresentado no item 6.3.4.

- Carboidratos “disponíveis” foram estimados por diferença.

Todas as análises de cada amostra foram realizadas em triplicata, exceto a fibra alimentar que foi realizada, inicialmente, em quadruplicata.

4.2.7 Cálculo do Valor Calórico (VCT) das Barras de Cereais

O valor calórico foi calculado com o uso dos fatores de conversão de ATWATER: 4Kcal/g para proteínas, 4Kcal/g para carboidratos e 9Kcal/g para lipídeos (MERRILL e WATT, 1973).

4.2.8 Análise Microbiológica das Barras de Cereais

As análises microbiológicas das barras de cereais foram realizadas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas/UNESP.

Foram realizadas após 24 horas da elaboração das barras, de acordo com a solicitação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), para realização da análise sensorial.

As análises foram realizadas de acordo com a legislação vigente para cereais compactados em barra (Resolução - RDC N°. 12, de 2 de janeiro de 2001), que preconiza o monitoramento dos bioindicadores coliformes totais e termotolerantes (fecais) a 45 °C/ g, *Salmonella* spp./25 g, *Bacillus cereus*/g, além da pesquisa de *Staphylococcus* coagulase positiva, conforme a metodologia recomendada por SILVA et al. (2010), que não é preconizada pela legislação, mas foi analisada por medida de precaução, devido ao fato de ser um produto processado manualmente.

4.2.9 Análise Sensorial das Barras de Cereais

A análise sensorial do projeto foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do IBILCE/UNESP, com protocolo de aprovação nº 0028.0.229.000-09. O parecer consubstanciado de aprovação encontra-se no Anexo II.

O teste sensorial foi realizado no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas/UNESP, para avaliar qual das seis formulações (10 %, 20 % e 30 % de fibra de milho, com e sem forneamento) de barra de cereais seria melhor aceita pelos provadores. A análise foi realizada oito dias após a fabricação das barras de cereais, tão logo se finalizou a análise microbiológica.

Foram recrutados para realização dos testes sensoriais dentre estudantes, funcionários e docentes do câmpus, 78 voluntários não treinados, sendo 64 mulheres e 14 homens, entre 20 e 45 anos. Após conhecimento da pesquisa, os provadores assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo I), concordando em participar da pesquisa e podendo deixar de participar do teste a qualquer momento.

Como haviam seis barras de cereais para serem avaliadas, utilizou-se um delineamento de blocos incompletos (MEILGAARD et al., 1999), adotando-se os seguintes parâmetros para cada bloco:

- cada provador avaliou 4 amostras;
- cada amostra foi avaliada 4 vezes;
- total de 6 provadores para o fechamento do bloco.

Para a obtenção de, pelo menos, 50 avaliações de cada amostra, os blocos foram repetidos 13 vezes, totalizando 52 análises para cada amostra e 78 provadores não treinados.

Dentro de cada bloco, as amostras foram apresentadas em copos plásticos brancos de 50mL, codificados com três dígitos, de forma aleatória, balanceada e monádica. O teste foi conduzido em cabines individuais sob luz branca e os provadores também receberam um copo de água para enxaguar a boca entre uma amostra e outra.

Foi utilizado um método afetivo de aceitação, que avalia o quanto um provador gosta ou desgosta de um determinado produto através de uma escala hedônica estruturada de 9 pontos (1 = desgostei muitíssimo, 5 = indiferente, 9 = gostei muitíssimo) (STONE e SIDEL, 1985). Foram avaliados os atributos sensoriais aparência, cor, textura e sabor, além da aceitação global para todas as formulações. A Figura 6 apresenta as fichas que foram entregue aos provadores.

Nome: _____					
Sexo ☐ F ☐ M			Data: ____ / ____ / ____		
Idade					
☐ < 20 anos	☐ 21- 25 anos	☐ 26- 30 anos	☐ 31- 35 anos		
☐ 36- 40 anos	☐ 41- 45 anos	☐ > 46 anos			
Com qual frequência você consome barras de cereal?					
☐ não consome					
☐ diariamente					
☐ quinzenalmente					
☐ mensalmente					

Nome: _____					
Avalie a amostra usando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou.					
1-Desgostei muitíssimo					
2-Desgostei muito					
3-Desgostei regularmente					
4-Desgostei ligeiramente					
5-Indiferente					
6-Gostei ligeiramente					
7-Gostei regularmente					
8-Gostei muito					
9-Gostei muitíssimo					
Número da amostra	aparência	aroma	sabor	textura	avaliação global
_____	_____	_____	_____	_____	_____

Figura 6. Modelo do questionário e da ficha de avaliação sensorial que foram aplicados aos provadores.

5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados das análises químicas das fibras do laboratório e da indústria e análises físico-químicas das barras de cereais elaboradas foram expressos na forma de média e desvio-padrão.

Para comparar as médias das análises físico-químicas e da análise sensorial das barras de cereais, foi aplicada análise de variância (ANOVA) seguida do teste de Tukey, sendo que a análise estatística foi direcionada em duas abordagens, sendo uma delas referente à análise dos percentuais de fibra empregados no estudo restringindo o processamento, e a outra análise referente ao processamento, restringindo os percentuais de fibra utilizados. Para a primeira abordagem foi utilizado análise de variância (ANOVA) seguido de teste de comparação múltipla de Tukey; a segunda abordagem foi norteadada pelo teste t pareado. Todos os testes estatísticos foram realizados a 0,05 de significância.

Já para comparar as médias da análise química das fibras, foi utilizado teste t de Student. As diferenças foram consideradas significativas para $p \leq 0,05$ e foi utilizado o programa Minitab®, versão 16.1.0.0.

Os dados obtidos no teste de aceitação sensorial foram comparados por análise de variância (ANOVA), considerando as amostras e provadores como fontes de variação, seguida do teste de Tukey. As diferenças foram consideradas significativas quando $p \leq 0,05$.

Com a finalidade de analisar os dados afetivos levando-se em consideração a resposta individual de cada provador e não somente a média do grupo, foi aplicada análise multivariada de escala multidimensional para identificar a preferência dos provadores em relação às barras de cereais. Anteriormente a esta análise, é necessário realizar a análise de agrupamento (“cluster analysis”) para as amostras, sendo utilizado como método de deleção dos dados, por se tratar de bloco incompleto, a substituição pela média. Esta análise foi realizada no programa Statistica 7.0 (StatSoft, Inc).

Para avaliar a correlação entre todos os atributos da análise sensorial e a correlação entre a textura instrumental, utilizou-se o teste de correlação de Pearson, realizado no software PASW Statistics 18. Considerou-se correlação forte quando o coeficiente de correlação de Pearson (r) esteve acima de 0,7 ou abaixo de $-0,7$ ($p \leq 0,05$).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 CARACTERIZAÇÃO DAS FIBRAS

Os dados da composição centesimal dos produtos “Corn Bran Flour-R” (FI), e fibra extraída em laboratório (FL) estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Composição centesimal (Média $\pm$ desvio padrão) das fibras “Corn Bran Flour-R” e Fibra extraída em laboratório.

Composição (%)	Corn Bran Flour-R (FI)	Fibra extraída por moagem úmida (FL)
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	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	6,6	35,7

Resultados expressos em base seca (g/100g), exceto a umidade, expressa em base úmida.

^{a, b} – Médias seguidas de letras diferentes, em cada linha, diferem entre si pelo Teste t de Student ($p \leq 0,05$).

Observa-se que a umidade das fibras (FI e FL) diferiu significativamente entre si, e também foram diferentes do encontrado por Nouredini e Byun (2010), que observaram 5,3 % de umidade em fibras de milho, provavelmente devido às diferentes condições de temperatura e umidade relativa no armazenamento, uma vez que FL estava armazenada no laboratório e FI na indústria, até a realização do presente trabalho.

A fibra extraída em laboratório apresentou maior teor proteico (12,2 %) do que a da indústria (6,1%) ($p < 0,05$). No processo laboratorial de obtenção das frações do grão de milho, é possível que permaneça um residual de outros componentes na porção fibrosa, incluindo parte do glúten (fração proteica). O conteúdo proteico da amostra da indústria e da fibra de laboratório foram superiores ao encontrado por Paes (2006). Além disso, pela especificação apresentada pela indústria em laudo técnico da FI, no processo de obtenção, objetivando um maior rendimento, pode haver resíduos de endosperma e camada de aleurona,

ricas em proteínas e enzimas, que desempenham papel importante no processo de germinação. A camada de aleurona é a porção mais externa do endosperma em contato com o pericarpo.

O teor mineral para FL foi de $0,6 \pm 0,06$ %. Verifica-se, portanto, que em torno de 37 % dos minerais do grão encontram-se na porção fibrosa, com relação à composição centesimal do grão de milho, conforme apresentado no item 4.1. O teor mineral é influenciado pelas condições de cultivo, incluindo fertilização e condições do solo, e pelo processamento (WALTER et al., 2008). Sendo 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 ($1,6 \pm 0,13\%$) pode ser reflexo da incorporação da camada de aleurona, que se situa logo abaixo do pericarpo, e parte do gérmen, onde os minerais estão mais concentrados.

O conteúdo lipídico ($3,6 \pm 0,03$ %) de FI, conforme Tabela 2, foi diferente, ao nível de significância de 5 %, do teor lipídico da fibra do laboratório ($0,9 \pm 0,02$ %). As principais razões desta diferença estão no método de obtenção da fibra industrial, normalmente realizada por moagem semi úmida e nas diferentes características genotípicas das matérias primas, além de uma possível incorporação de parte do gérmen e camada de aleurona que possuem maiores teores de lipídeos, na obtenção dos farelos.

Quanto aos teores de fibra alimentar total, ambas as fibras diferiram significativamente entre si, sendo 82,1 % para FI e 50,6 % para FL. Em relação à fração insolúvel, as amostras também diferiram significativamente, $81,8 \pm 2,21$ % para FI e $50,5 \pm 1,35$ % para FL. Já para os teores de fibra solúvel, os resultados foram estatisticamente iguais, sendo $0,2 \pm 0,00$ % para FI e $0,1 \pm 0,00$ % para FL. O conteúdo de fibra alimentar insolúvel foi predominante em relação ao teor de fibra alimentar solúvel, tanto em FI quanto em FL. Estes resultados corroboram com os valores encontrados por Cherbut et al., (1997), os quais encontraram somente fibra insolúvel em farelo de milho.

Com estes dados, verifica-se que a fibra alimentar das fibras FI e FL é composta quase que em sua totalidade de fibra insolúvel. As variações observadas em relação ao conteúdo de fibra alimentar solúvel, insolúvel e total em FI e FL podem ser devido a fatores associados à variedade genética, condições ambientais e a própria estrutura do grão de milho de onde foram extraídas estas fibras, o que influencia de forma significativa a composição nutricional da fração de fibra de milho.

Com relação à composição das frações componentes da fibra, apresentadas na Tabela 3, FDN (celulose, hemicelulose, lignina e proteína lignificada), FDA (celulose e lignina) e a fração solúvel representam a fibra alimentar do milho.

Tabela 3. Frações componentes (Média $\pm$ desvio padrão) das fibras “Corn Bran Flour-R” e Fibra extraída em laboratório.

Composição (%)	Corn Bran Flour-R (FI)	Fibra extraída por moagem úmida (FL)
Fibra Detergente Neutro (FDN)	85,6 $\pm$ 3,09 ^a	64,8 $\pm$ 4,15 ^b
Fibra Detergente Ácido (FDA)	5,8 $\pm$ 0,01 ^b	11,7 $\pm$ 0,21 ^a
Hemicelulose	66,8	53,1
Celulose	7,6 $\pm$ 0,04 ^a	3,1 $\pm$ 0,43 ^b
Lignina	6,8 $\pm$ 0,13 ^b	10,7 $\pm$ 0,15 ^a

^{a, b} – Médias seguidas de letras diferentes, em cada linha, diferem entre si pelo teste t de Student ($p \leq 0,05$).

Verifica-se que os produtos analisados diferiram significativamente quanto às frações de fibra (FDN e FDA).

Houve predominância dos constituintes da parede celular (fração insolúvel) na fibra derivada do processo industrial (FI) e na fibra derivada da moagem úmida em laboratório (FL). FI apresentou 85,6 $\pm$ 3,09 % da fração de constituintes da parede celular, enquanto que em FL o teor foi de 64,8 $\pm$ 4,15 %. Estes resultados são similares aos de Blanco-Metzler et al., (2000), que encontraram predominância da fração insolúvel em produtos de milho.

A fibra detergente ácido corresponde à porção menos digerível da parede celular, constituída na sua quase totalidade de lignocelulose, ou seja, lignina e celulose, ao passo que a fibra detergente neutro corresponde ao conjunto de celulose, hemicelulose e lignina. Assim, conhecendo-se a porcentagem dos constituintes da parede celular (FDN) e (FDA) do material analisado, é possível calcular a fração de hemicelulose, apenas pela diferença entre as frações. FI apresentou maior teor de hemicelulose (66,8 %), comparado à fração extraída em laboratório (53,1 %).

O percentual de hemicelulose encontrado foi maior do que o de celulose e lignina, nas amostras de FI e FL, assim como encontrado por Nouredдини e Byun (2010).

6.2 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DA FIBRA DE MILHO

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos nas análises microbiológicas da fibra de milho industrial (“Corn Bran Flour – R”) e os limites permitidos pela legislação para esse tipo de produto. Essas análises foram realizadas somente com a fibra industrial (FI), pois esta foi a matéria prima utilizada na elaboração das barras de cereais.

Os resultados mostraram que os parâmetros microbiológicos encontram-se dentro dos limites permitidos pela legislação para cada tipo de micro-organismo analisado. Assim, conclui-se que as condições higiênico-sanitárias da matéria prima, com relação ao seu processamento estocagem e manuseio são satisfatórias, permitindo o seu uso para incorporação tanto em outros produtos alimentícios como em barras de cereais.

Tabela 4. Resultados das análises microbiológicas efetuadas na amostra de fibra de milho (“Corn Bran Flour – R”).

Micro-organismos						
Amostra	<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/g)	Coliformes totais (NMP/g)	Coliformes termotolerantes (NMP/g)	<i>Escherichia coli</i> (-/+)	<i>Salmonella</i> spp. (-/+)	<i>Bacillus cereus</i> (UFC/g)
Corn Bran Flour-R	< 100	< 3	< 3	-	Ausente	< 100
Padrão Federal (BRASIL, 2001)	**	***	5x10 ²	***	Ausência em 25g	5x10 ³

**Foi analisado por razões de segurança sanitária devido à manipulação do produto.

***A resolução não estabelece padrão para esses micro-organismos.

6.3 BARRAS DE CEREAIS

As porções das barras elaboradas sem forneamento nas proporções de 10, 20 e 30 % de fibra de milho (FM) respectivamente, apresentaram pesos médios de: 19,5 ± 2,0 g; 20,3 ± 2,0 g e 18,3 ± 1,7 g. Já as barras elaboradas com forneamento, apresentaram pesos médios de: 19,2 ± 3,1 g; 20,7 ± 3,2 g e 19 ± 2,1 g, nas proporções de 10, 20 e 30 % de fibra de milho, respectivamente. O peso médio das barras elaboradas foi relativamente próximo ao de barras de cereais comerciais, que pesam 25 gramas por unidade. A Figura 7 apresenta as barras produzidas sem forneamento e a Figura 8 as barras com forneamento. Observa-se uma maior compactação dos componentes para todas as barras, quando o teor de fibra adicionado foi maior, isto se deve ao fato de que quanto menor a quantidade de fibra de milho incorporada à barra, maior a quantidade de flocos de milho, acarretando em menor compactação do produto, devido ao tamanho dos flocos.



Figura 7. Barras de cereais sem forneamento com 10 %, 20 % e 30 % de fibra de milho.



Figura 8. Barras de cereais com forneamento com 10 %, 20 % e 30 % de fibra de milho.

6.3.1 Propriedades Físicas das Barras de Cereais

As médias de densidade, volume específico, atividade de água e pH das barras de cereais, formuladas com diferentes proporções de fibra de milho, com e sem forneamento são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Médias ($\pm$ desvio padrão) de densidade, volume específico, atividade de água e pH das barras de cereais com 10, 20 e 30 % de fibra de milho, com e sem forneamento.

	Formulação					
	Barras com forneamento			Barras sem forneamento		
	10%FM	20% FM	30% FM	10%FM	20% FM	30% FM
Densidade (g/cm³)	0,5 $\pm$ 0,05 ^{B*}	0,6 $\pm$ 0,06 ^{A**}	0,6 $\pm$ 0,07 ^{AB**}	0,6 $\pm$ 0,06 ^{b*}	0,7 $\pm$ 0,09 ^{a**}	0,7 $\pm$ 0,07 ^{a**}
Volume Específico (cm³/g)	1,7 $\pm$ 0,17 ^{A*}	1,4 $\pm$ 0,15 ^{B**}	1,5 $\pm$ 0,18 ^{AB**}	1,5 $\pm$ 0,15 ^{a*}	1,3 $\pm$ 0,13 ^{b**}	1,3 $\pm$ 0,10 ^{b**}
Atividade de água	0,50 $\pm$ 0,01 ^{A*}	0,51 $\pm$ 0,01 ^{A*}	0,52 $\pm$ 0,00 ^{A*}	0,58 $\pm$ 0,00 ^{a*}	0,59 $\pm$ 0,00 ^{a*}	0,56 $\pm$ 0,00 ^{a*}
pH	4,9 $\pm$ 0,06 ^{A*}	4,8 $\pm$ 0,06 ^{AB*}	4,7 $\pm$ 0,04 ^{B*}	5,0 $\pm$ 0,13 ^{a*}	4,7 $\pm$ 0,05 ^{b*}	4,7 $\pm$ 0,01 ^{b*}

Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

* médias estatisticamente iguais pelo teste t de Student ($p > 0,05$).

** médias estatisticamente diferentes pelo teste t de Student ($p \leq 0,05$).

Observa-se, de acordo com os resultados expostos na Tabela 5, que as barras com 20 e 30 % FM sem forneamento foram as mais densas (0,7 g/cm³). Ao analisar a primeira abordagem estatística, para verificar se houve diferença significativa entre os percentuais de fibra dentro de um mesmo tratamento (com e sem forneamento), observamos que as barras com 10 % FM tanto com forneamento quanto sem forneamento diferiram estatisticamente das demais barras. Quanto à segunda abordagem estatística, verificou-se que houve diferença significativa entre os tratamentos, dentro de um mesmo percentual de fibra, verificou-se que as barras com 20 e 30 % FM diferiram das barras com 10 %, tanto nas forneadas quanto nas não forneadas.

Quanto ao volume específico, observa-se que o produto com maior volume específico foi a barra com 10 % FM com forneamento (1,7 cm³/g), o que já era esperado, devido a ser a barra que apresentou menor densidade. Ao aumentar os percentuais de fibra, diminuiu-se o volume das barras, devido à diminuição dos flocos de milho, mais volumosos. Na primeira abordagem estatística nota-se que as barras com 10 % FM com forneamento diferiram das barras com 20 %. As barras com 10 % FM sem forneamento diferiram das barras com 20 e 30 % FM. Já para a segunda abordagem estatística, observou-se que as barras com 20 e 30 % FM diferiram das barras com 10 % FM, tanto no processo com forneamento quanto sem forneamento.

Os valores de atividade de água das barras ficaram na faixa de 0,5, valores considerados microbiologicamente seguros (SILVA JUNIOR, 2001), e as barras não se diferiram estatisticamente. Estes resultados já eram esperados, uma vez que a concentração de açúcares (xarope) nas barras é de 40 %, e no caso das barras forneadas, o processo de forneamento diminui a atividade de água de produtos alimentícios.

Em relação ao pH, estes variaram entre 4,7 e 5,0, mostrando uma baixa acidez das barras. Na primeira abordagem estatística, as barras com 10 % FM com e sem forneamento se mostraram diferentes estatisticamente das barras com 30 % FM e das barras com 20 % FM sem forneamento. Os dados de pH encontrados neste estudo corroboram aos encontrados por Capriles (2009), que encontrou valores de pH entre 4,5 e 6,6 em suas barras de cereais.

Quanto aos parâmetros instrumentais de cor, podemos observar as médias de cor (luminosidade e tonalidade cromática) das barras de cereais, formuladas com diferentes proporções de fibra de milho, com e sem forneamento na Tabela 6. A luminosidade (L^*) variou entre 42,8 e 51,0, mostrando um aumento da luminosidade conforme o aumento do percentual de fibra de milho.

Tabela 6. Médias ($\pm$ desvio padrão) de cor (luminosidade e tonalidade cromática) das barras de cereais com 10, 20 e 30 % de fibra de milho, com e sem forneamento.

Cor	Formulação					
	Barras com forneamento			Barras sem forneamento		
	10%FM	20%FM	30%FM	10%FM	20%FM	30%FM
L*	45,1 $\pm$ 2,24 ^{B*}	47,6 $\pm$ 1,19 ^{AB*}	49,3 $\pm$ 1,04 ^{A*}	42,8 $\pm$ 0,57 ^{b*}	49,5 $\pm$ 1,12 ^{a*}	51,0 $\pm$ 0,42 ^{a*}
a*	11,5 $\pm$ 0,42 ^{A*}	10,4 $\pm$ 0,59 ^{AB*}	9,2 $\pm$ 0,74 ^{B*}	11,0 $\pm$ 0,64 ^{a*}	10,0 $\pm$ 0,45 ^{a*}	10,2 $\pm$ 0,25 ^{a*}
b*	30,7 $\pm$ 0,65 ^{A**}	29,4 $\pm$ 0,30 ^{AB*}	27,7 $\pm$ 1,36 ^{B*}	27,3 $\pm$ 0,53 ^{b**}	29,0 $\pm$ 0,49 ^{a*}	29,7 $\pm$ 0,61 ^{a*}
C*	33,1 $\pm$ 0,56 ^{A**}	31,2 $\pm$ 0,14 ^{AB*}	29,2 $\pm$ 1,51 ^{B*}	29,5 $\pm$ 0,69 ^{b**}	30,7 $\pm$ 0,37 ^{ab*}	31,5 $\pm$ 0,58 ^{a*}
H*	69,0 $\pm$ 0,45 ^{B*}	70,5 $\pm$ 1,21 ^{AB*}	71,5 $\pm$ 0,58 ^{A*}	68,1 $\pm$ 0,90 ^{b*}	70,8 $\pm$ 1,03 ^{a*}	70,9 $\pm$ 0,55 ^{a*}

Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

* médias estatisticamente iguais pelo teste t de Student ($p > 0,05$).

** médias estatisticamente diferentes pelo teste t de Student ($p \leq 0,05$).

Na primeira abordagem estatística, nota-se que as barras com 10 e 30 % FM com forneamento foram estatisticamente diferentes entre si e que as barras com 10 % FM sem

orneamento diferiu significativamente das com 20 e 30 % sem orneamento. Já na segunda abordagem, as barras não diferiram entre si estatisticamente, independentemente de terem sido orneadas ou não.

Quanto às cromaticidades, todas as amostras apresentaram valores positivos de a^* e b^* . Para os valores de a^* verificou-se na primeira abordagem estatística que as barras com 10 e 30 % FM com orneamento diferiram das barras com 20 %, porém para as barras que não foram orneadas, não houve diferença estatística. Já para a segunda abordagem estatística, as barras não diferiram entre si, independentemente do processamento. Para a coordenada b^* observa-se na primeira abordagem estatística que as barras com 10 e 20 % FM com orneamento não diferiram estatisticamente entre si e as barras com 20 e 30 % também não diferiram entre si, portanto as barras com 10 e 30 % FM diferiram estatisticamente entre si, fato justificado provavelmente, devido à diferença entre os teores de fibra incorporados. Já para as barras sem orneamento, nota-se que aquelas com 10 % FM, diferiram das barras com 20 e 30 % FM, novamente justificado provavelmente, devido à diferença entre os teores de fibra incorporados nas barras. Na segunda abordagem estatística verificamos que as barras com 10 % FM tanto com orneamento quanto sem orneamento, diferiram das barras com 20 e 30 % FM.

Quanto à tonalidade cromática (H^*), cujo ângulo vai de vermelho (0°) até amarelo (90°) (ARIAS et al., 2000), variaram de 68,1 a 71,5 observando-se a tendência para o amarelo. Na primeira abordagem estatística, as barras com 10 e 30 % FM com orneamento diferiram estatisticamente e as barras com 10 % FM sem orneamento foi estatisticamente diferente das barras com 20 e 30 % FM. Na segunda abordagem, não houve diferença estatística significativa entre os produtos, independente do tratamento (com ou sem orneamento).

Em relação ao C^* , que é o croma, nota-se nas barras com orneamento, que à medida que se aumenta o percentual de fibras, diminui o valor de C^* , porém nas barras sem orneamento, à medida que se aumenta o percentual de fibra, aumentam os valores de C^* , provavelmente devido ao processo de orneamento. Na primeira abordagem estatística verificou-se que as barras com 10 e 30 % FM com orneamento diferiram estatisticamente, já nas barras sem orneamento, as barras com 10 e 30 % FM diferiram entre si. Na segunda abordagem, as barras com 10 % FM foram diferentes estatisticamente e as com 20 % FM foram estatisticamente iguais.

De acordo com todos os parâmetros instrumentais de cor observados, o que se pode verificar é que ao aumentar o percentual de FM, as barras orneadas e as não orneadas ficaram mais claras, uma vez que se diminuiu o percentual dos flocos de milho, ingrediente mais escuro que a fibra de milho.

As médias para os parâmetros de textura dureza, coesividade, mastigabilidade e elasticidade das barras de cereais, formuladas com diferentes proporções de fibra de milho, com e sem forneamento, são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7. Médias ($\pm$ desvio padrão) de textura (dureza, coesividade, mastigabilidade e elasticidade) das barras de cereais com 10, 20 e 30 % de fibra de milho, com e sem forneamento.

	Formulação					
	Barras com forneamento			Barras sem forneamento		
	10%FM	20%FM	30%FM	10%FM	20%FM	30%FM
Dureza (N)	210,2 $\pm$ 77,63 ^{A*}	198,0 $\pm$ 115,81 ^{A**}	93,9 $\pm$ 49,61 ^{B**}	185,0 $\pm$ 58,03 ^{a*}	66,8 $\pm$ 34,62 ^{b**}	160,9 $\pm$ 59,69 ^{a**}
Coesividade	0,1 $\pm$ 0,17 ^{A*}	0,1 $\pm$ 0,06 ^{A**}	0,3 $\pm$ 0,21 ^{A*}	0,1 $\pm$ 0,09 ^{b*}	0,3 $\pm$ 0,19 ^{ab**}	0,3 $\pm$ 0,07 ^{a*}
Elasticidade	0,4 $\pm$ 0,34 ^{A*}	0,4 $\pm$ 0,11 ^{A*}	0,7 $\pm$ 0,47 ^{A*}	0,3 $\pm$ 0,10 ^{b*}	0,5 $\pm$ 0,15 ^{b*}	0,7 $\pm$ 0,19 ^{a*}
Mastigabilidade (N)	20,9 $\pm$ 24,35 ^{A**}	12,5 $\pm$ 11,45 ^{A**}	34,6 $\pm$ 41,50 ^{A**}	14,0 $\pm$ 9,35 ^{b**}	15,9 $\pm$ 15,76 ^{b**}	49,2 $\pm$ 28,97 ^{a**}

Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

* médias estatisticamente iguais pelo teste t de Student ($p > 0,05$).

** médias estatisticamente diferentes pelo teste t de Student ($p \leq 0,05$).

Verificou-se que a dureza das barras variou entre 66,8 a 210,2 N. Na primeira análise estatística nota-se que as barras com 30% FM com forneamento diferiu das barras com 10 e 20 % FM com forneamento, já nas barras sem forneamento, observa-se que a com 20 % FM diferiu significativamente das com 10 e 30 % FM. Na segunda abordagem, verifica-se que as barras com 10 % FM foram iguais em relação aos processamentos e as barras com 20 e 30 % FM foram estatisticamente diferentes. Nota-se para a dureza, valores bem discrepantes e desvios-padrão muito altos, isto se deve provavelmente à heterogeneidade do material analisado, uma vez que as barras de cereais são constituídas de ingredientes com texturas, tamanhos e granulometrias diferentes, dificultando assim a determinação dos parâmetros de dureza.

A coesividade variou entre 0,1 e 0,3. Na primeira abordagem estatística não foi observado diferença significativa entre as barras com forneamento, mas nas barras sem forneamento nota-se que entre aquelas com 10 e 30 % FM houve diferença estatística. Na segunda análise, o que se verificou é que as barras com 10 e 30 % FM não diferiram entre si,

independentemente do processamento, já as barras com 20 % FM foram diferentes nos dois processamentos. Observa-se que com o aumento do percentual de fibra incorporado às barras, há o aumento da coesividade, nas barras forneadas e nas não forneadas.

A elasticidade teve médias entre 0,3 e 0,7, e as barras com 30 % de fibra apresentaram os maiores valores (0,7), sendo, portanto consideradas com maior elasticidade, provavelmente devido ao alto percentual de fibra incorporada (ANTHONY, 2011). Na primeira abordagem estatística, verificou-se que as barras forneadas não diferiram estatisticamente entre si. Nas barras produzidas sem forneamento, aquela adicionada com 30 % FM diferiu das demais barras. Porém na segunda abordagem, as barras não diferiram entre si, independentemente se foram forneadas ou não.

Em relação à mastigabilidade, observa-se médias entre 12,5 e 49,2 N. Na primeira abordagem estatística notou-se que as barras com forneamento não diferiram estatisticamente, já para as barras sem forneamento, aquelas com 30 % FM diferiu significativamente das barras com 10 e 20 % FM. Na segunda abordagem, observou-se que as todas barras diferiram entre si tanto com forneamento quanto sem forneamento. Ao se adicionar mais fibras às barras de cereais, ocorre uma maior mastigabilidade, devido ao resíduo insolúvel produzido pela mastigação.

6.3.1.1 Correlação entre os Parâmetros Instrumentais de Textura

Observou-se uma correlação negativa entre os parâmetros instrumentais elasticidade e coesividade ($r = -0,803$ e $p = 0,055$). Verificou-se também correlação negativa entre e entre mastigabilidade e elasticidade ($r = -0,920$ e $p = 0,009$).

6.3.2 Composição Química e Valor Energético das Barras de Cereais

As médias da composição centesimal e do valor calórico das barras de cereais, formuladas com diferentes proporções de fibra de milho, com e sem forneamento são apresentados na Tabela 8.

Quanto ao valor calórico das barras elaboradas, verifica-se que todas as barras apresentaram valores calóricos próximos, variando entre 409 e 355,8 Kcal, em 100 g de produto, sendo que o valor calórico diminuiu conforme o aumento do percentual de fibra incorporada, como ocorre em produtos com fibras alimentares, com o aumento o percentual

de fibra incorporado, diminui-se o valor calórico do produto, uma vez que a fibra alimentar fornece 2,0 Kcal/g como contribuição energética (FAO, 2003).

Tabela 8. Médias ($\pm$ desvio padrão) da composição centesimal (g/100 g) e do valor calórico (Kcal) das barras de cereais com 10, 20 e 30 % de fibra de milho, com e sem forneamento.

	Formulação					
	Barras com forneamento			Barras sem forneamento		
	10%FM	20%FM	30%FM	10%FM	20%FM	30%FM
Valor calórico (Kcal)	409	399	386,4	405,2	373,2	355,8
Umidade	$3,7 \pm 0,06^{C**}$	$4,6 \pm 0,08^{A**}$	$4,2 \pm 0,15^{B**}$	$11,0 \pm 0,06^{a**}$	$10,0 \pm 0,11^{b**}$	$9,4 \pm 0,15^{c**}$
Cinzas	$0,5 \pm 0,23^{A*}$	$0,5 \pm 0,13^{A*}$	$0,4 \pm 0,22^{A*}$	$0,4 \pm 0,02^{b*}$	$0,6 \pm 0,04^{a*}$	$0,4 \pm 0,11^{b*}$
Lipídeos	$5,0 \pm 0,13^{B*}$	$5,8 \pm 0,27^{A**}$	$6,0 \pm 0,21^{A*}$	$6,4 \pm 0,55^{ab*}$	$5,2 \pm 0,09^{b**}$	$6,6 \pm 0,47^{a*}$
Proteína	$5,2 \pm 0,17^{A*}$	$5,6 \pm 0,16^{A*}$	$4,6 \pm 0,69^{A*}$	$5,6 \pm 0,31^{a*}$	$5,5 \pm 0,36^{a*}$	$5,6 \pm 0,75^{a*}$
Fibra alimentar total	3,5	7,0***	10,5***	6,3	12,6***	18,9***
Fibra alimentar insolúvel	$3,4 \pm 0,18^B$	6,8***	10,2***	$6,2 \pm 0,63^A$	12,4***	18,6***
Fibra alimentar solúvel	$0,1 \pm 0,00^A$	0,2***	0,3***	$0,1 \pm 0,02^A$	0,2***	0,3***
Carboidratos disponíveis	85,8	81,1	78,5	81,3	76,1	68,5

Resultados expressos em base seca (g/100g), exceto a umidade, expressa em base úmida.

Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

* médias estatisticamente iguais pelo teste t de Student ($p > 0,05$).

** médias estatisticamente diferentes pelo teste t de Student ($p \leq 0,05$).

*** valores calculados por estimativa.

Em relação à umidade das barras, observa-se uma baixa umidade daquelas com forneamento (entre 3,7 e 4,6 %), devido à maior perda de umidade durante o processo e uma umidade maior para as barras sem forneamento, entre 9,4 e 11 %. Os resultados diferiram estatisticamente entre si tanto para barras com forneamento quanto as sem forneamento. As formulações analisadas apresentaram teores de umidade inferiores a 15 %, dentro dos limites

estabelecidos pela Resolução CNNPA nº 12 de 1978, no que se refere a produtos a base de cereais (BRASIL, 1978).

O teor de cinzas dos produtos variou de 0,4 e 0,6 g/100 g e não diferiu estatisticamente considerando o processo com e sem forneamento. Guimarães (2007) encontrou valores entre 1,1 a 1,3 g/100 g, ao analisar barras de cereais formuladas com frutas secas, buriti e banana passa, em diferentes formulações, a diferença entre os valores do presente estudo deve-se a utilização de outros materiais componentes na formulação.

O teor lipídico foi significativamente diferente entre as barras sem forneamento, variando entre 5,0 e 6,6 g/100 g, isto pode ser devido a uma distribuição heterogênea dos ingredientes na bandeja onde foi depositada a massa. Como a castanha do Pará é o ingrediente mais rico em óleo, pode ser que os pedaços de barras que foram analisadas tivessem um pouco menos e outros um pouco mais de castanha, acarretando assim, diferenças nos valores finais. Gutkoski et al., (2007), ao estudarem barras de cereais à base de aveia, relataram teor de lipídios entre 4,94 a 6,57 g/100 g, valores semelhantes aos obtidos neste estudo.

O percentual proteico não diferiu significativamente entre as barras e nem entre os processamentos (com e sem forneamento), variando entre 4,6 e 5,6 g/100 g. Dutcosky et al., (2006) relataram valores de proteína entre 5,5 a 6,1 g/100 g, valores relativamente próximos aos deste trabalho.

Os valores de fibra alimentar total, solúvel e insolúvel foram calculados para as barras com 10 % FM com e sem forneamento, por meio de análises químicas utilizando o método enzimático gravimétrico proposto por PROSKY et al., (1988). Para as barras com 20 e 30 % FM com e sem forneamento, os valores foram calculados por estimativa numa relação direta, baseando-se nos resultados das barras com 10 % FM. A determinação química foi realizada somente para as barras com 10 % FM (com e sem forneamento), por terem sido os produtos que receberam maiores notas dos provadores na análise sensorial (6 e 7), que foi realizada antes da análise de fibras e cujos resultados são apresentados mais a frente neste trabalho.

A discrepância entre a quantidade de fibra acrescentada às formulações e o valor encontrado na análise química (Tabela 8) está relacionado com a pureza das frações, visto que o processo de obtenção baseia-se na separação física dos componentes do grão, o que proporciona a presença de resíduos de outras frações que não seja fibra pura.

Os valores de fibra alimentar total ficaram entre 3,5 a 10,5 g/100 g nas barras com forneamento e 6,3 e 18,9 g/100 g nas barras sem forneamento. Garcia (2010) ao analisar barras de cereais com diferentes concentrações de farelo de arroz encontrou valores em torno de 11 g/100 g, valores próximos aos das barras com 30 % FM com forneamento. Já

Guimarães (2007), ao estudar barras de cereais enriquecidas com frutos de murici-passa, relatou teor de fibra alimentar total entre 4,77 a 7,40 g/100 g, valores próximos aos encontrados nas barras com 10 % FM sem forneamento.

Do total de fibra alimentar das barras, quase que sua totalidade foi de fibra insolúvel, ficando entre 3,4 e 10,2 g/100 g nas barras com forneamento e 6,2 a 18,6 g/100 g nas barras sem forneamento, e o restante de fibra solúvel, de 0,1 a 0,3 % em ambas as barras, o que já era esperado, considerando a composição da matéria prima (FI).

Quanto aos carboidratos disponíveis, estimados por diferença, variaram entre 78,5 e 85,8 g/100 g nas barras com forneamento e em torno de 68,5 a 81,3 g/100 g nas barras sem forneamento. As barras de cereais elaboradas apresentaram alto teor de carboidratos, sendo este o maior contribuinte energético, representado pelo alto percentual de amido dos flocos de milho e pela glicose de milho nas formulações (40 %).

Na Tabela 9 pode-se observar o valor nutritivo por porção (30 g, de acordo com BRASIL, 2011) das barras com 10 % de fibra de milho, com e sem forneamento, que foram aquelas com maiores notas na avaliação sensorial. O valor nutricional de uma barra comercial de castanha do Pará e uva passa também é apresentado para comparação.

Tabela 9. Valor nutritivo por porção (30 g) das barras de cereais com 10 % de fibra de milho com e sem forneamento e de barra comercial.

	Barra com forneamento 10 % FM	Barra sem forneamento 10 % FM	Barra Comercial 30 g
Valor calórico (Kcal)	117,9	108,1	118,8
Carboidratos (g)	24,7	21,6	21,6
Proteína (g)	1,5	1,5	1,4
Lipídeos (g)	1,5	1,7	3,0
Fibra alimentar (g)	1,0	1,6	1,3

Observa-se que os valores calórico, proteico e os teores de fibra alimentar das barras produzidas e a barra comercial, são semelhantes (valor corrigido para 30 g do produto).

Já o teor lipídico das barras elaboradas (entre 1,5 e 1,7 g) foi um pouco menor do que o valor encontrado na barra comercial (3,0 g em 30 g de produto), isso pode ser devido ao fato de não ter sido adicionado nenhum tipo de gordura à formulação das barras, sendo estes

lipídeos provenientes dos próprios ingredientes utilizados. E na barra comercial foi usado gordura de palma, segundo informações no rótulo do produto.

6.3.3 Análise Microbiológica das Barras de Cereais

A presença ou contagem de microorganismos em alimentos pode ocasionar doenças no consumidor, sendo, portanto, indicadores de condições sanitárias satisfatórias ou não (SILVA JÚNIOR, 2001). Para barra de cereais, a legislação brasileira estabelece como referência de qualidade microbiológica a análise de *Bacillus cereus*, Coliformes a 45 °C e *Salmonella* spp.

A Tabela 10 apresenta os resultados das análises microbiológicas realizadas nas barras de cereais produzidas.

Tabela 10. Resultados das análises microbiológicas efetuadas nas barras de cereais produzidas com 10, 20 e 30 % de fibra de milho, com e sem forneamento.

Amostras	Microrganismos					
	<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/g)	Coliformes totais (NMP/g)	Coliformes termotolerantes (NMP/g)	<i>Escherichia coli</i> (- / +)	<i>Salmonella</i> spp. (- / +)	<i>Bacillus cereus</i> (UFC/g)
Barras sem forneamento						
10% FM	< 100	< 3	< 3	-	Ausente	< 100
20% FM	1,5x10 ²	< 3	< 3	-	Ausente	< 100
30% FM	< 100	< 3	< 3	-	Ausente	< 100
Barras com forneamento						
10% FM	3x10 ²	< 3	< 3	-	Ausente	< 100
20% FM	10 ²	< 3	< 3	-	Ausente	< 100
30% FM	< 100	< 3	< 3	-	Ausente	< 100
Padrão Federal (BRASIL, 2001)	**	***	5x10 ²	***	Ausência em 25g	5x10 ³

**Foi analisado por razões de segurança sanitária devido à manipulação do produto.

***A resolução não estabelece padrão para esses microrganismos.

FM: Fibra de milho.

Conforme descrito na Tabela 10, os resultados das análises microbiológicas indicaram que todas as amostras de barras de cereais apresentaram-se de acordo com os padrões estabelecidos pelo Regulamento Técnico da Resolução RDC n° 12 (BRASIL, 2001). Como controle de manipulação realizou-se a contagem de *Staphylococcus* coagulase positiva, embora esta análise não seja exigida pela legislação vigente. Os resultados foram satisfatórios

(< 100 UFC/g), permitindo oferecer com segurança as barras aos provadores na análise sensorial.

Os resultados das análises microbiológicas mostraram que o processamento foi adequado, associado às boas condições sanitárias da matéria prima, à manipulação adequada e ao baixo teor de umidade, contribuindo para a qualidade final das barras produzidas.

6.3.4 Aceitabilidade das Barras de Cereais

A Tabela 11 apresenta a aceitação média de cada atributo, das barras elaboradas, julgado pelos provadores.

Tabela 11. Aceitabilidade (Média $\pm$ desvio padrão) das barras de cereais.

Atributos	Formulação					
	Barras com forneamento			Barras sem forneamento		
	10%FM	20%FM	30%FM	10%FM	20%FM	30%FM
Aparência	7,0 $\pm$ 1,17 ^{A*}	6,4 $\pm$ 1,33 ^{A**}	5,4 $\pm$ 1,85 ^{B*}	6,7 $\pm$ 1,38 ^{a*}	5,6 $\pm$ 1,71 ^{b**}	5,3 $\pm$ 1,61 ^{b*}
Aroma	6,7 $\pm$ 1,52 ^{A*}	6,3 $\pm$ 1,32 ^{A**}	4,9 $\pm$ 1,82 ^{B*}	6,5 $\pm$ 1,25 ^{a*}	5,4 $\pm$ 1,78 ^{b**}	4,3 $\pm$ 1,82 ^{c*}
Textura	6,4 $\pm$ 1,63 ^{A*}	6,1 $\pm$ 1,63 ^{A**}	3,9 $\pm$ 2,05 ^{B*}	6,9 $\pm$ 1,35 ^{a*}	4,8 $\pm$ 1,91 ^{b**}	3,5 $\pm$ 1,66 ^{c*}
Sabor	6,7 $\pm$ 1,44 ^{A*}	6,3 $\pm$ 1,20 ^{A**}	4,5 $\pm$ 1,92 ^{B*}	7,0 $\pm$ 1,41 ^{a*}	5,2 $\pm$ 1,87 ^{b**}	3,9 $\pm$ 1,79 ^{c*}
Avaliação Global	6,7 $\pm$ 1,26 ^{A*}	6,2 $\pm$ 1,17 ^{A**}	4,4 $\pm$ 1,75 ^{B*}	6,9 $\pm$ 1,21 ^{a*}	5,1 $\pm$ 1,60 ^{b**}	3,9 $\pm$ 1,57 ^{c*}

Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

* médias estatisticamente iguais pelo teste t de Student ($p > 0,05$).

** médias estatisticamente diferentes pelo teste t de Student ($p \leq 0,05$).

Os resultados da Tabela 11 mostram que das barras elaboradas, as mais aceitas sensorialmente foram as com 10 % de fibra de milho, com e sem forneamento, e a barra com 20 % de fibra de milho com forneamento, uma vez que apresentaram médias dos valores hedônicos entre 6 e 7, que indicam “gostei ligeiramente e gostei regularmente”, respectivamente. Os atributos que receberam notas maiores ou iguais a 7 foram o sabor da barra com 10 % de fibra de milho sem forneamento e a aparência da barra com 10 % de fibra de milho com forneamento.

Para o atributo aparência, observamos que os valores variaram entre 5,4 e 7,0 nas barras com forneamento e 5,3 e 6,7 naquelas sem forneamento. Ao analisarmos a primeira

abordagem estatística, para verificar se houve diferença significativa nos valores, entre os percentuais de fibra dentro de um mesmo tratamento (com e sem forneamento), nota-se que as barras com 30 % FM com forneamento diferiram daquelas com 10 e 20 % e as barras com 10 % FM sem forneamento diferiram daquelas com 20 e 30 %. Já para a segunda abordagem estatística, em que verificou se houve diferença entre os tratamentos, dentro de um mesmo percentual de fibra, verificou-se que as barras com 20 % FM diferiram entre si, porém barras com 10 e 30 % não diferiram entre si, independentemente do processamento.

Para o atributo aroma, notam-se valores entre 4,9 e 6,7 para as barras com forneamento e 4,3 e 6,5 para as barras sem forneamento. Na primeira abordagem verificou-se que as barras com 30 % FM com e sem forneamento diferiram entre si. Já naquelas sem forneamento, foram diferentes significativamente entre si. Na segunda abordagem, as barras com 20 % diferiram estatisticamente entre si, independentemente de serem forneadas ou não.

Em relação ao atributo textura, os valores variaram entre 3,9 e 6,4 nas barras com forneamento e entre 3,5 e 6,9 nas sem forneamento. Na primeira abordagem notou-se que as barras com 30 % FM com forneamento diferiram estatisticamente entre si e nas barras sem forneamento, foram diferentes significativamente entre si. Na segunda abordagem, as barras com 20 % diferiram estatisticamente entre si, independentemente de serem forneadas ou não, assim como nos atributos aparência e aroma.

No atributo sabor os valores variaram entre 4,5 e 6,7 para barras com forneamento e 3,9 e 7,0 para as barras sem forneamento. Na primeira abordagem notou-se que as barras com 30 % FM com forneamento diferiram estatisticamente entre si e nas barras sem forneamento, foram diferentes significativamente entre si. Na segunda abordagem, as barras com 20 % diferiram estatisticamente entre si, independentemente de serem forneadas ou não, assim como nos atributos aparência, aroma e textura.

Finalmente para o atributo avaliação global, em que os provadores avaliam o produto como um todo, os valores variaram entre 4,4 e 6,7 para as barras com forneamento e 3,9 e 6,9 para as barras sem forneamento. Nas duas abordagens estatísticas as barras tiveram o mesmo resultado estatístico que nos atributos anteriores, ou seja, as barras com 30 % FM com forneamento diferiram estatisticamente entre si e para as barras sem forneamento, foram diferentes significativamente entre si na primeira abordagem e as barras com 20 % diferiram estatisticamente entre si, independentemente de serem forneadas ou não, na segunda abordagem estatística.

Observa-se que as barras com 30 % de fibra de milho, independente do tipo de processamento, não tiveram boa aceitação para os atributos sensoriais, devido ao alto teor de

fibra adicionada interferindo tanto no aspecto quanto nas características de textura do produto, uma vez que se apresentaram um pouco mais densas, mais coesas e com uma maior mastigabilidade. Soma-se também o fato da maioria da população não estar acostumada com elevado consumo de fibras em produtos alimentícios e em sua dieta habitual.

A partir do questionário preenchido pelos provadores na análise sensorial, pode verificar-se que 41,02 % dos provadores consomem barras de cereais quinzenalmente, 28,2 % consomem mensalmente, 26,9 % diariamente e apenas 3,8% dos provadores que participaram da análise sensorial não consomem barras de cereais.

6.3.4.1 Correlação entre os Atributos Sensoriais

Para a amostra com 10 % de fibra de milho com forneamento, observa-se uma correlação positiva entre os atributos textura e avaliação global ($r= 0,724$; $p= 0,000$) e entre sabor e avaliação global ($r= 0,799$; $p= 0,000$), o que indica que os atributos textura e sabor foram os principais atributos que influenciaram na avaliação global desta barra e de sua aceitação.

Com relação à amostra com 10 % de fibra de milho sem forneamento, houve uma correlação positiva entre os atributos sabor e avaliação global ($r= 0,789$; $p= 0,000$), mostrando que este atributo foi o principal responsável pela aceitação desta barra.

Já para a amostra com 20 % de fibra de milho com forneamento, verificou-se também correlação positiva entre os atributos sabor e avaliação global ($r= 0,733$; $p= 0,000$).

Para a amostra com 20 % de fibra de milho sem forneamento, pôde-se observar também uma forte correlação positiva entre os atributos sabor e avaliação global ($r= 0,838$; $p= 0,000$).

Para a amostra com 30 % de fibra de milho com forneamento, houve um número grande de correlações positivas entre os atributos sensoriais: correlação positiva entre o aroma e a textura ($r= 0,710$; $p= 0,000$), avaliação global e textura ($r= 0,831$; $p= 0,000$), aparência e avaliação global ($r= 0,745$; $p= 0,000$) e sabor e avaliação global ($r= 0,828$; $p= 0,000$). Por fim, para a amostra com 30% de fibra de milho sem forneamento, observou-se correlação positiva entre os atributos sabor e avaliação global ($r= 0,796$; $p= 0,000$) e textura e avaliação global ($r= 0,708$; $p= 0,000$).

As Figuras 9 a 13 apresentam as análises de escala multidimensional para a aparência, aroma, textura, sabor e avaliação global, respectivamente.

A escala multidimensional apresenta, nestes casos, a dispersão espacial dos provadores em relação às suas preferências pelas barras de cereais avaliadas. Cada provador é representado como um ponto no espaço, sendo que indivíduos com preferências similares para o atributo em questão ficam próximos. Além disso, a quantidade de provadores ao redor de uma amostra indica o quanto esta é preferida em relação às demais.

Como explicado no item 5, anteriormente à análise de escala multidimensional, é necessário realizar a análise de agrupamento. Esta análise gera uma matriz baseada na distância euclidiana entre os dados e, a partir desta, é gerada a escala multidimensional. A análise de agrupamento se for o caso, apresenta as amostras avaliadas em grupos, ou seja, se as amostras podem ser agrupadas em função da preferência dos provadores.

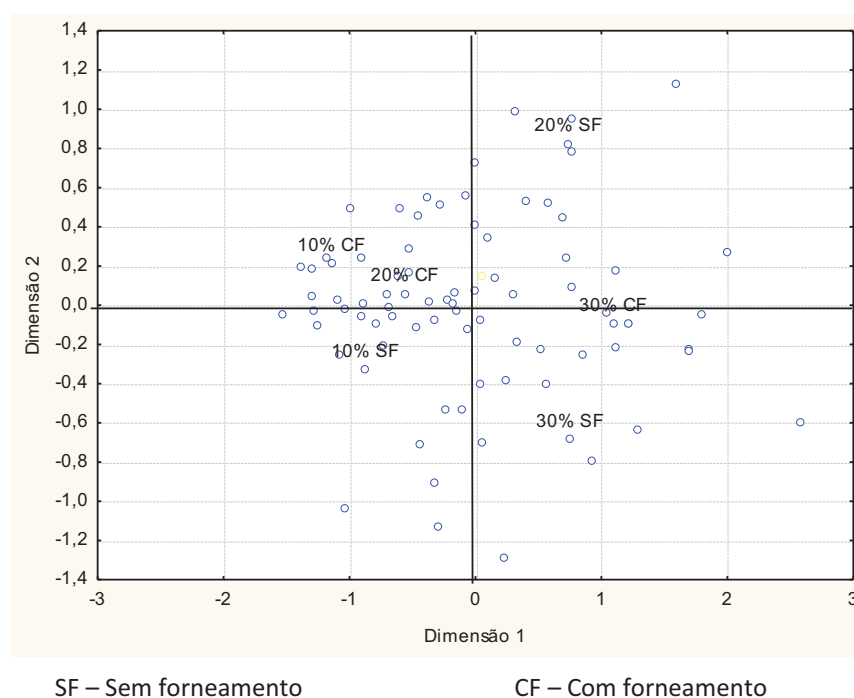


Figura 9. Representação gráfica dos resultados da Escala Multidimensional do atributo aparência para as amostras e provadores.

Para o atributo aparência, o que se verifica no gráfico (Figura 9) é que a distribuição dos provadores em relação à preferência pelas amostras acarretou na formação de quatro grupos distintos de provadores, sendo que um grupo preferiu as amostras 10 % CF e 20 % CF,

outro preferiu a amostra 10 % SF, outro a amostra 20 % SF e o outro preferiu as amostras 30 % SF e 30 % CF. Com essa distribuição de pontos simbolizando os provadores, nota-se claramente uma maior concentração de provadores ao redor das amostras de 10 % CF, 20 % CF e 10 % SF, o que indica uma maior preferência por estas amostras no atributo aparência e coincide com as maiores aceitações observadas na Tabela 11.

Foi possível observar também que alguns provadores não preferiram nenhuma das amostras, o que é demonstrado no gráfico por alguns pontos afastados de todas as amostras.

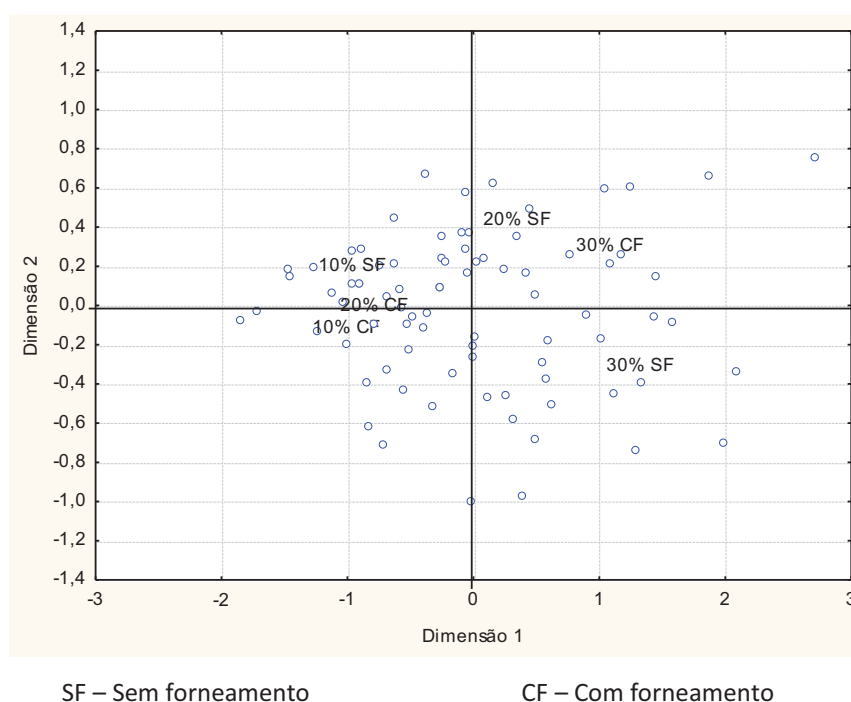


Figura 10. Representação gráfica dos resultados da Escala Multidimensional do atributo aroma para as amostras e provadores.

Com relação ao atributo aroma, que foi avaliado pelos provadores através da aproximação do produto nas narinas, e descrição do aroma sentido, nota-se no gráfico (Figura 10) novamente a formação de 4 grupos de provadores, em que se observa a preferência de um grupo de provadores pelas amostras com 10 % SF e 20 % CF, outro grupo pela amostra 10 % CF, um outro que preferiu as amostras 20 % SF e 30 % CF e outro ainda que preferiu a amostra 30 % SF.

Observa-se uma preferência maior pelas amostras 10 % CF, 10 % SF e 20 % CF, para o atributo aroma, assim como também foi observado no gráfico para o atributo aparência e na

Tabela 11. Para o atributo aparência observou-se que alguns provadores não preferiram nenhuma das amostras, demonstrado no gráfico por alguns pontos afastados de todas as amostras.

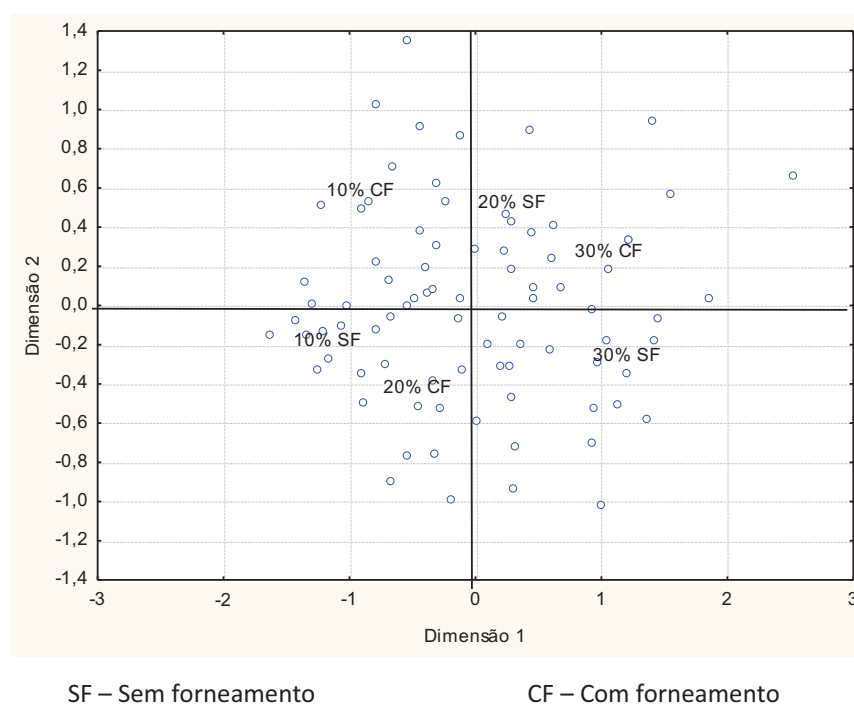


Figura 11. Representação gráfica dos resultados da Escala Multidimensional do atributo textura para as amostras e provadores.

No que diz respeito ao tributo textura, observa-se uma maior dispersão dos provadores em relação às amostras, (Figura 11), indicando uma heterogeneidade na preferência dos provadores para este atributo. Mas é possível notar que um grupo preferiu a amostra com 10 % CF, outro preferiu as amostras com 10 % SF e 20 % CF, outro as amostras com 20 % SF e 30 % CF e um outro grupo a amostra com 30 % SF. E como já observado para os outros atributos anteriores, alguns provadores não preferiram nenhuma das amostras.

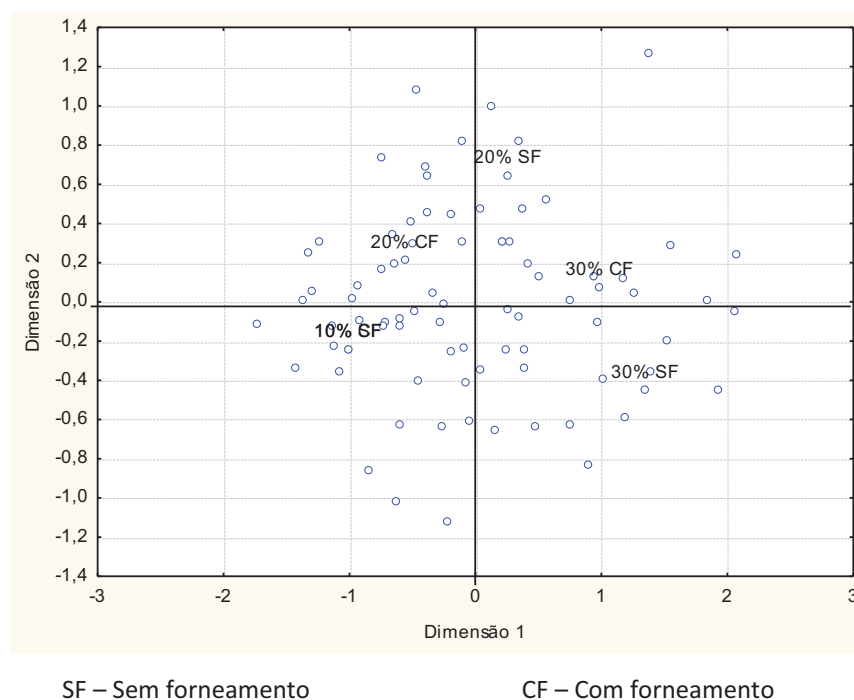


Figura 12. Representação gráfica dos resultados da Escala Multidimensional do atributo sabor para as amostras e provadores.

Observa-se para o atributo sabor (Figura 12) também a formação de quatro grupos, sendo que um grupo preferiu as amostras com 10 % CF e 10 % SF (sobrepostas no gráfico), outro preferiu a amostra com 20 % CF, um outro preferiu as amostras com 20 % SF e 30 % CF e um outro ainda a amostra com 30 % SF, com uma distribuição menor de provadores. Verifica-se uma maior concentração de provadores em torno das amostras com 10 % CF e 10 % SF, embora bastante dispersos.

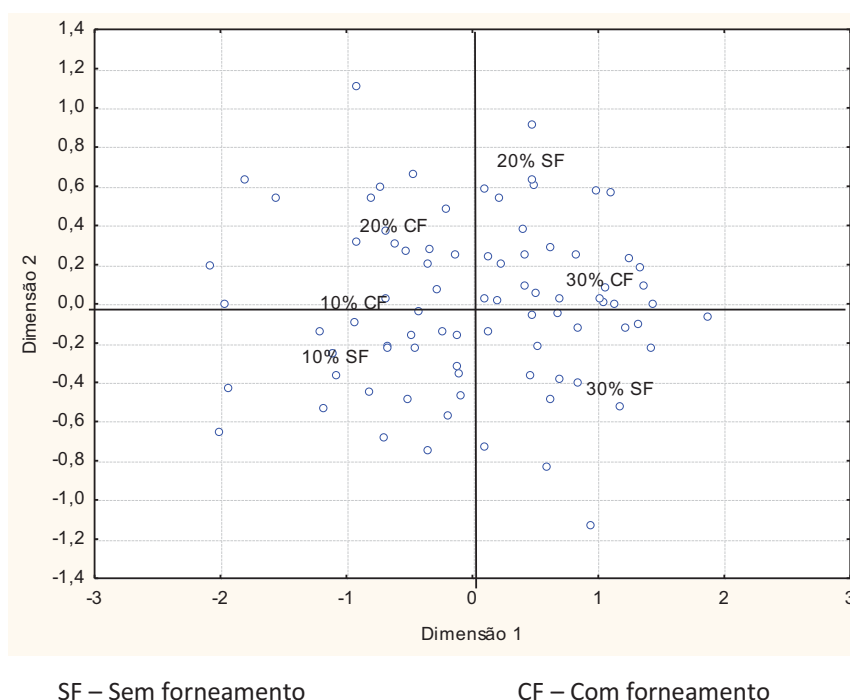


Figura 13. Representação gráfica dos resultados da Escala Multidimensional do atributo avaliação global para as amostras e provadores.

Pode-se verificar para o atributo avaliação global das barras (Figura 13), que um grupo preferiu as amostras com 10 % CF e 20 % CF, outro a amostra com 10 % SF, outro as amostras com 20 % SF e 30 % CF e um outro a amostra com 30 % SF. Nota-se uma heterogeneidade de preferência dos provadores e também que alguns provadores não preferiram nenhuma das amostras.

Observa-se nas Figuras 11, 12 e 13 uma maior dispersão dos pontos para os atributos que foram avaliados na cavidade oral dos provadores, que foram os atributos com maior influência na aceitação global, e por isso a maior dispersão dos provadores no gráfico do atributo avaliação global, como observado na Figura 13.

Finalmente, de uma forma geral, houve preferência dos provadores pelas barras com 10 % CF, 20 % CF e 10 % SF para todos os atributos e também de uma forma global, concordando com os dados de aceitação dos produtos apresentados na Tabela 11.

7 CONCLUSÕES

7.1 FIBRAS DE MILHO

Os produtos analisados (FI e FL) podem contribuir efetivamente para o aporte de fibras na dieta, com predominância dos constituintes da parede celular (hemicelulose, celulose e lignina), ou seja, fração insolúvel.

As fibras de milho estudadas possuem alto valor nutritivo, sendo fontes de proteínas, lipídios e fibra alimentar, podendo ser consideradas ricas em fibra e, assim, serem utilizadas para alimentação humana.

A fibra industrial apresentou parâmetros microbiológicos dentro das especificações, podendo ser utilizadas na produção de barras de cereais.

7.2 BARRAS DE CEREAIS

Foi possível produzir barras de cereais com a incorporação do co-produto da moagem do milho, a fibra, proporcionando maior valor agregado a esse componente, com melhor aceitação dos provadores para as barras com 10 % de fibra de milho, com e sem forneamento e 20 % de fibra de milho com forneamento.

As matérias primas utilizadas na formulação, o processamento e a embalagem das barras, permitiram valores de atividade de água e umidade que contribuíram para a integridade química e microbiológica dos produtos, estando estas com os valores de acordo com os preconizados pela legislação brasileira.

As barras de cereais elaboradas apresentaram valor energético e de nutrientes muito próximos aos de barras de cereais comerciais e as barras que receberam as maiores notas na avaliação sensorial (com 10 % de fibra de milho com e sem forneamento) classificaram-se como fonte de fibra alimentar.

O consumo de barras de cereais elaboradas com fibra de milho pode garantir ao consumidor um alimento de qualidade sensorial e nutricional, além de prático e viável tecnologicamente.

Portanto, a utilização da fibra de milho na elaboração de barras de cereais pode ser alternativa para o aproveitamento deste co-produto pelas indústrias de alimentos e indústria moageira.

REFERÊNCIAS

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC). **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1976. v. 2.

_____. Report. Dietary Fiber Technical Committee. The definition of dietary fiber. **Cereal Foods World**, Saint Paul, v. 46, n. 3, p. 112-126, 2001.

AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION (ADA). Position of the American Dietetic Association: healthy implications of dietary fiber. **Journal of American Dietetic Association**, Chicago, v. 88, p. 216-221, 1988.

ANTHONY, M. **The New Look of Fiber**. Revista Food Processing, September 2011. Disponível em: <<http://www.foodprocessing.com>>. Acesso em: 25 set. 2011.

ANDERSON, J.W.; BAIRD, P.; DAVIS, R.H. Jr.; FERRERI, S.; KNUDTSON, M.; KORAYM, A.; WATERS, V.; WILLIAMS, C.L. Health benefits of dietary fiber. **Nutr Rev**, v. 67, n.4 p.188-205, 2009.

ANDERSON, J. W.; JONES, A. E.; RIDDELL-MASON, S. Ten different dietary fibers have significantly different effects on serum and liver lipids of cholesterol-fed rats. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 124, n. 1, p. 78-83, 1994.

ANDERSON, R. A.; WATSON, S. A. The corn milling industry. In: WOLFF, I. A. **CRC Handbook of processing and utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 1982. v. 2, pt. 1, p. 31-61.

ARIAS, R. et al. Correlation of lycopene measured by HPLC with the L*, a*, b* color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, California, v. 48, n. 5, p. 1697-1702, 2000.

ARORA, A. et al. Laboratory wet milling of corn: Milling fraction correlations and variations among crop years. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 85, n. 2, p. 207-210, 2008.

ASP, N. G. et al. Dietary fibre analysis. In: SCHWEIZER, T. F.; EDWARDS, C. A. **Dietary fibre: a component of food nutritional function in health and disease**. London: Springer Verlag, 1992. p. 57-99.

ASP, N. G. Physiological implication of consumption of resistant starch in man. (European FLAIR - Concerted Action n. 11 - Cost 911) s.l. p. Flair, [Proceedings of the concluding plenary meeting of EURESTA, Wageningen]. 1994. 204p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIAS MOAGEIRAS DE MILHO. **Estatísticas**. Disponível em: <<http://www.abimilho.com.br>>. Acesso em: 15 fev. 2011.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis of the AOAC International**. 16. ed. Arlington, 1995.

AZLYN, K. L. et al. Formulation and sensory evaluation of a low calorie fiber bar. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 54, n. 3, p. 727-729, 1989.

BARBOSA, C. E. M. Barra de cereais: lucro com esse mercado que cresce 20% ao ano. **Revista da Padaria Moderna**, São Paulo, ano 6, n. 8, ed. 68, p. 16-19, ago. 2003. Disponível em: <<http://www.padariamoderna.com.br/revistas/padaria68.pdf>>. Acesso em: 04 ago. 2009.

BENASSI, V. T.; WATANABE, E.; LOBO, A. R. Produtos de panificação com conteúdo calórico reduzido. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 19, n. 2, p. 225-242, 2001.

BLANCO-METZLER, A.; MONTERO-CAMPOS, M. A.; FERNÁNDEZ-PIEDRA, M. Chemical composition of food products derived from wheat and corn produced in Costa Rica. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 50, n. 1, p. 91-96, 2000.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Ottawa, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BOTELHO, L.; CONCEIÇÃO, A.; CARVALHO, V. D. Caracterização de fibras alimentares da casca e cilindro central do abacaxi “Smooth Cayenne”. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 362-367, 2002.

BRANDEMART, E. A.; FRANCO, C. M. L.; LOPES-FILHO, J. Physicochemical properties of maize starch obtained from intermittent and dynamic steeping (IMDS) under various steeping conditions. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 81, n. 3, p. 369-376, 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (EMBRAPA). **Centro de inteligência do milho**. Disponível em: <<http://cimilho.cnpms.embrapa.br>>. Acesso em: 02 fev. 2011a.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (EMBRAPA). **Glossário agropecuário**. Disponível em: <<http://www.zootecniabrasil.com.br/sistema/modules/tiny1/>>. Acesso em: 11 jan. 2011b.

_____. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998**. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/27_98.htm>. Acesso em: 18 jan. 2011.

_____. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução RDC, nº 12, de 2 de janeiro de 2001**. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_01rdc.html>. Acesso em: 15 out. 2010.

_____. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução CNNPA nº 12, de 1978**. Normas Técnicas Especiais. Brasília, DF: ANVISA, 1978. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/e-legis/>>. Acesso em: 04 ago. 2011.

_____. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução RDC nº 359, de 23 de dezembro de 2003**. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2003/anexo/anexo_res0359_23_12_2003.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2011.

BRESSANI, R. et al. Changes in selected nutrient contents and in protein quality of common and quality-protein maize during rural tortilla preparation. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 67, n. 6, p. 515-518, 1990.

BRITO, I. P. et al. Elaboração e avaliação global de barra de cereais caseira. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 22, n. 1, p. 35-50, 2004.

BUENO, R. O. G. **Características de qualidade de biscoitos e barras de cereais ricos em fibra alimentar a partir de farinha de semente e polpa de nêspira**. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

CALLEGARO, M, G, K. et al. Determinação da fibra alimentar insolúvel, solúvel e total de produtos derivados do milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 271-274, 2005.

CAPRILES, V. D. **Otimização de propriedades nutricionais e sensoriais de produtos à base de amaranto, enriquecidos com frutanos, para intervenção em celíacos**. Tese (Doutorado)-Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

CASTRO, M. V. L. et al. Rendimento industrial e composição química de milho de alta qualidade protéica em relação a híbridos comerciais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 233-242, 2009.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. Campinas: EdUNICAMP, 1999.

CHAMP, M.; LANGKILDE, A.; BROUNS, F.; KETTLITZ, B.; BAIL-COLLET, Y.L. Advances in dietary fibre characterization: consumption, chemistry, physiology and measurement of resistant starch, implications for health and food labeling. **Nutr Rev**, v. 16, p.143-61, 2003.

CHERBUT, C. et al. Digestive and metabolic effects of potato and maize fibres in human subjects. **The British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 77, n. 1, p. 33-46, 1997.

CHO, S.; DREHER, M. L. **Handbook of dietary fiber**. Florida: CRC, 2001. 868 p.

CLARK, R.; JOHNSON, S. Sensory acceptability of foods with added lupin (*Lupinus angustifolius*) kernel fiber using pre-set criteria. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 67, n. 1, p. 356-362, 2002.

CODEX ALIMENTARIUS. *Guidelines on nutrition labelling CAC/ GL 2-1985 as last amended 2010*. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, Secretariat of the Codex Alimentarius Commission, FAO, Rome, 2010.

COSTA, L. A. et al. Desenvolvimento de alimento em barra à base de resíduo da fabricação de farinha de mandioca. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 16, n.4, p. 389-395, 2005.

DEGÁSPARI, C. H.; BLINDER, E. W.; MOTTIN, F. Perfil nutricional do consumidor de barras de cereais. **Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 49-61, 2008.

DIEPENMAAT-WOLTERS, M. G. E. Functional properties of dietary fibre in foods. In: FOOD INGREDIENTS EUROPE. **Conference proceedings**. Maarsen: Expoconsult; The Netherlands, 1993. p. 162-164.

DUTCOSKY, S. D. et al. Combined sensory optimization of a prebiotic cereal product using multicomponent mixture experiments. **Food Chemistry**, Saint Paul, v. 98, n. 4, p. 630-638, 2006.

ECKHOFF, S. R.; JAYASENA, W.V.; SPILLMAN, C. K. Wet milling of maize grits. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 70, n. 3, p. 257-259, 1993.

ESTELLER, M. S. et al. Uso de açúcares em produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 602-607, 2004.

_____. Food energy – methods of analysis and conversion factors. FAO, 2003. **Corporate Document Repository**. CHAPTER 4: SUMMARY - INTEGRATION OF ANALYTICAL METHODS AND FOOD ENERGY CONVERSION FACTORS. Disponível em: <<http://www.fao.org/DOCREP/006/Y5022E/y5022e05.htm>>. Acesso em: 5 out. 2011.

FILISSETTI, T. M. C. Fibra alimentar: definições, componentes e métodos analíticos. In: SILVA, S. M. C. S.; MURA, J. D. P. M. **Tratado de alimentação, nutrição & dietoterapia**. São Paulo: Roca, 2007.

FRANCK, A & BOSSCHER, D. Inulin. In: CHO S.S & SAMUEL, P. **Fiber ingredients: food application and health benefits**. Boca Raton: CRC Press, pp. 41-60, 2009.

GARCIA, M. C. **Influência do tempo de torra por microondas nas características sensoriais, físicas e químicas de farelos de cultivares de arroz e sua aplicação em barras de cereais**. 2010. 152 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)–Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

GOODMAN, M. M.; SMITH, J. S. C. Botânica. In: PATERNIANI, E. **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. cap. 2, p. 32-70.

GUIMARÃES, M. M. **Utilização de frutos de murici-passa no processamento e qualidade nutricional de barras de cereais**. 2007. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)–Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007.

GUTKOSKI, L. C. et al. Desenvolvimento de barras de cereais à base de aveia com alto teor de fibra alimentar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 355-363, 2007.

HASKA, L.; NYMAN, M.; ANDERSSON, R. Characterization of indigestible carbohydrates in various fractions from wheat processing. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 87, n. 2, p. 125-130, 2010.

HERNÁNDEZ, T; HERNÁNDEZ, A.; MARTÍNEZ, C. Fibra alimentaria. Concepto, propiedades y métodos de analisis. **Alimentaria**, Madrid, n. 261, p. 19-30, abr. 1995.

HOSENEY, R. C. Structure of cereals. In: DELCOUR, J. A.; _____. **Principles of cereal science and technology**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1994. p. 12.

INSTITUTE OF MEDICINE OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. **Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids (macronutrients)**. Washington, DC: National Academy Press; 2002. 936 p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. Versão eletrônica. 4. ed. São Paulo, 2008. v. 1.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa de orçamentos familiares: aquisição alimentar domiciliar per capita**. Brasil e grandes regiões – 2008-2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/2008_2009_aquisicao/pof20082009_aquisicao.pdf>. Acesso em: 5 maio 2011.

JACKSON, D. S.; SHANDERA, D. L. Jr. Corn wet milling: Separation chemistry and technology. **Advances in Food and Nutrition Research**, Lincoln, v. 38, p. 271-300, 1995.

JONES, J. M. The benefits of eating breakfast cereals. **Cereal Food World**, Saint Paul, v. 46, n. 10, p. 461-467, 2001.

KAJISHIMA, S.; PUMAR, M.; GERMAN, R. Elaboração de pão francês com farinha enriquecida de sulfato de cálcio. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 19, n. 2, p. 157-168, 2001.

KIM, E. H. J. et al. Predicting the sensory texture of cereal snack bars using instrumental measurements. **Journal of Texture Studies**, WestPort, v. 40, p. 457-481, 2009.

LIMA, G. A. Botânica da espécie: descrição. In: **Cultura do milho**. Fortaleza: UFCE, 1976. cap. 1, p. 21-24.

LOPES-FILHO, J. F. et al. Intermittent milling and dynamic steeping process for corn starch recovery. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 74, n. 5, p. 633-38, 1997.

LUCCHIN, M.; BARCACCIA, G.; PARRINI, P. Characterization of a flint maize (*Zea mays* L. convar. Mays) Italian landrace: I. Morpho-phenological and agronomic traits. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v. 50, n. 3, p. 315-327, 2003.

MANZONI, M. S. J. **Influência da temperatura, níveis de dióxido de enxofre e ácido láctico durante maceração dinâmica e moagem intermitente para obtenção de subprodutos do milho**. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos)–Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2000.

MÁRQUEZ, L. R. **A fibra terapêutica**. 2. ed. São Paulo: Byk Química, 2001.

MATTOS, L. L.; MARTINS, I. S. Consumo de fibras alimentares em população adulta. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 50-55, 2000.

MATSUURA, F. C. A. U. **Estudo do albedo de maracujá e de seu aproveitamento em barras de cereais**. 2005. Tese (Doutorado)- Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 1999.

MERRIL, A. L.; WATT, B. K. **Energy value of foods: basis and derivation**. Washington, DC: United States Department of Agriculture, 1973. (Agriculture Handbook, 74). Disponível em: <<http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/Data/Classics/index.html>>. Acesso em: 08 ago. 2011.

MITCHELL, V. W.; BOUSTAIN, P. Cereal bars: a percentual, chemical and sensory analysis. **British Food Journal**, Bradford, v. 92, n. 5, p. 17-22, 1990.

MORRIS, E. R. Physico-chemical properties of food polysaccharides. In: SCHWEIZER, T. F.; EDWARDS, C. A. (Ed.). **Dietary fibre: a component of food, nutritional function in health and disease**. Springer-Verlag: ILSI Europe, 1992. p. 41-55.

MURPHY, P. Count lines and cereal bars. In: JACKSON, E. B. **Sugar confectionery manufacture**. Cambridge: Chapman & Hall, 1995. cap. 13, p. 287-297.

MUSSOLINI, R. C. **Caracterização físico-química e rendimento da moagem úmida de quatro híbridos de milho**. 2009. 58 f. Dissertação (Mestrado)-Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2009.

NOUREDDINI, H.; BYUN, J. Dilute-acid pretreatment of distillers' grains and corn fiber. **Bioresource Technology**, Barking, v. 101, n. 3, p. 1060-1067, 2010.

O'CARROL, P. Boosting cereal bars. **The World of Ingredients**: the journal of the practicing food technologists, Arnhem, v. 3/4, p. 36-38, mar./abr. 1999.

OHR, L. M. All Tea'd up Nutraceuticals & Functional Foods. **Food Technology**, Chicago, v. 58, n. 7, p. 71-73, 2004.

PAES, M. C. D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Embrapa, 2006. (Circular Técnica, 75).

_____. **Manipulação da composição química do milho**: impacto na indústria e na saúde humana. 2008. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/milho/index.htm>. Acesso em: 15 out. 2009.

PALAZZOLO, G. Cereal bars: they're not just for breakfast anymore. **Cereal Food World**, Saint Paul, v. 48, n. 2, p. 70-72, 2003.

PEREIRA, K. D. Amido resistente, a última geração no controle de energia e digestão saudável. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, p. 88-92, 2007.

PEREIRA, R. C. **Relação entre características estruturais e bioquímicas e a textura do grão e milho**. Tese (Doutorado)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

PINS, J.J & KAUR, H. A review of the effects barley β -glucan on cardiovascular and diabetic risk. **Cereal Food World**, v.5, n.1, p.8-11, 2006.

PRAKONGPAN, T.; NITITHAMYONG, A.; LUANGPITUKSA, P. Extraction and Application of Dietary Fiber and Cellulose from Pineapple Cores. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 67, n. 4, p. 1308-1313, 2002.

PROSKY, L. et al. Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in foods and food-products – Interlaboratory study. **Journal of Association of Official Analytical Chemists**, Arlington, v. 71, n. 5, p. 1017-1023, 1988.

RAMIREZ, E. C. et al. Engineering process and cost model for a conventional corn wet milling facility. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 27, p. 91-97, 2008.

RAUPP, D. S. et al. Arraste via fecal de nutrientes da ingestão produzido por bagaço de mandioca hidrolisado. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 235-242, 2002.

RIDDERBUSCH, G. Forming of coated and uncoated cereal bars. **Confectionery Production**, Surrey, v. 51, n. 12, p. 686-690, 1985.

RODRÍGUEZ, R. et al. Dietary fiber from vegetable products as a source of functional ingredients. **Trends in Food Science and Technology**, London, v. 17, n. 1, p. 3-15, 2006.

ROSE, D. J.; INGLETT, G. E.; LIU, S. X. Utilisation of corn (*Zea mays*) bran and corn fiber in the production of food components. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 90, p. 915-924, 2010.

SANTANA, M. C. A.; CAVALI, J. Fundamentos e avaliação comparativa de métodos para análise de lignina em forragens. **Revista Eletrônica de Veterinária**, Málaga, v. 8, n. 11, 2006. Disponível em: <<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n111106/110614.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2009.

SILVA JÚNIOR, E. A. Critérios microbiológicos para interpretação de laudos. In: _____. **Manual de controle higiênico-sanitário em alimentos**. 4. ed. São Paulo: Varela, 2001. cap. 39, p. 333-343.

SILVA, N. et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Varela, 2010. 624 p.

SINGH, N.; ECKHOFF, S. R. Wet milling of corn: a review of laboratory – scale and pilot plant – scale procedures. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 73, p. 659-67, 1996.

SLAVIN, J. Whole grains and digestive health – Special Section: Molecular diversity and health benefits of carbohydrates from cereals and pulses. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 87, n. 4, p. 292-296, 2010.

STEWART, M. L. et al. Evaluation of the effect of four fibers on laxation, gastrointestinal tolerance and serum markers in healthy humans. **Annals of Nutrition and Metabolism**, Basel, v. 56, p. 91-98, 2010.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. London: Academic Press, 1985.

THEBAUDIN, J. Y. et al. Dietary fibres: nutritional and technology interest. **Trends in Food Science and Technology**, London, v. 8, p. 41-47, 1997.

TOSELLO, G. A. Milhos especiais e seu valor nutritivo. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. R. **Melhoramento e produção de milho**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargil, 1987. p. 373-408.

TROWELL, H; BURKITT, D.; HEATON, K. **Dietary fibre, fibre-depleted foods and disease**. London: Academic Press, 1985.

TUNGLAND, B. C.; MEYER, D. Nondigestible oligo-and polysaccharides (dietary fiber): their physiology and role in human health and food. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Chicago, v. 1, p. 73-77, 2002.

VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. 4. Determination of plant cell wall constituents. **Journal of Association of Official Analytical Chemists**, Arlington, v. 50, p. 50-55, 1967.

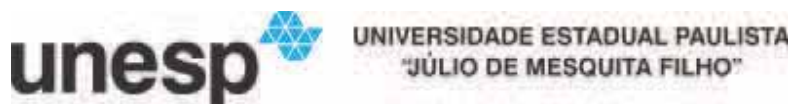
VÍTOLO, M. R. et al. Estimativa do consumo de fibra alimentar por crianças de acordo com diferentes tabelas de composição de alimentos. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 48, n. 2, p. 141-145, 1998.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1184-1192, 2008.

WANKENNE, M. A. Fibras: uma falta de definição. **Aditivos e Ingredientes**, São Paulo, n. 4, p. 24-35, 1999.

ZHANG, G.; HAMAKER, B. R. Cereal carbohydrates and colon health - Special Section: Molecular diversity and health benefits of carbohydrates from cereals and pulses. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 87, n. 4, p. 331-341, 2010.

ANEXO I – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

**Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE**

(Conselho Nacional de Saúde, Resolução 196/96)

Você está sendo convidado a participar como voluntário do projeto de pesquisa “Caracterização de fibra de milho e sua incorporação em barras de cereais”, sob responsabilidade da pesquisadora Camila Mattos Rocha. O estudo será realizado com amostras de barras de cereais ricas em fibras para verificar a aceitação deste produto. Não haverá risco do consumo deste produto e a pesquisadora ficará responsável pela obtenção deste TCLE e por qualquer problema de saúde que afetar o provador, se for comprovado que o mesmo foi causado pela ingestão das barras. Eventuais problemas de saúde que o participante da pesquisa venha a ter devido à experimentação do produto, este será atendido no Ambulatório do IBILCE/UNESP (UNAMOS). Você poderá consultar a pesquisadora responsável em qualquer época, pessoalmente ou pelo telefone (17) 9116-6878, para esclarecimento de qualquer dúvida. Você está livre para, a qualquer momento, deixar de participar da pesquisa. Todas as informações por você fornecidas e os resultados obtidos serão mantidos em sigilo e estes últimos só serão utilizados para divulgação em reuniões e revistas científicas. Você será informado de todos os resultados obtidos, independentemente do fato destes poderem mudar seu consentimento em participar da pesquisa. Você não terá quaisquer benefícios ou direitos financeiros sobre os eventuais resultados decorrentes da pesquisa. Este estudo é importante porque seus resultados fornecerão informações para o desenvolvimento de um produto rico em fibras para consumo humano.

Diante das explicações, se você concorda em participar deste projeto, coloque sua assinatura a seguir e forneça os dados solicitados.

Nome: _____ R.G. _____

Endereço: _____ Fone: _____

_____, ____ de _____ de 2011.

Usuário ou responsável legal		Pesquisador responsável
OBS.: Termo apresenta duas vias, uma destinada ao usuário ou seu representante e a outra ao pesquisador		
Nome: Camila Mattos Rocha	Cargo/Função: Mestranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos	
Instituição: Unesp/Ibilce – Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos		
Endereço: Rua Cristóvão Colombo, 2265 Bairro: Jardim Nazareth CEP: 15054-000 São José do Rio Preto - SP		
Projeto submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa do IBILCE/UNESP São José do Rio Preto – fone 17-3221.2456 / 3221.2317		

ANEXO II - Parecer Consubstanciado de Aprovação do CEP



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de São José do Rio Preto



PARECER CONSUBSTANCIADO PROJETO DE PESQUISA

IDENTIFICAÇÃO

Nome do pesquisador: Camila Mattos Rocha Departamento: Engenharia e Tecnologia de Alimentos Instituição: IBILCE/UNESP de São José do Rio Preto Projeto: "Extração, Caracterização e incorporação da fibra de milho na elaboração de barras de cereais" Protocolo: 0028.0.229.000-09
--

PARECER nº 016/10

A pesquisadora apresentou este projeto na reunião de dezembro de 2009, este CEP solicitou alteração do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido com a sugestão de que casos eventuais de problemas de saúde que o participante da pesquisa possa ser encaminhado ao ambulatório da Unamos/IBILCE/UNESP para receberem os devidos cuidados médicos. Como demonstrado anteriormente, o projeto foi apresentado adequadamente, com introdução, justificativa, Material e Métodos, Casuística e Bibliografia. Possui grande relevância, pois propõe avaliar a composição nutricional e a aceitação do sabor de barras de cereais feitas com a inclusão de fibras de milho como material não digerível. Esta composição é uma alternativa para a indústria de alimentos, uma vez que a aceitação deste produto no mercado vem aumentando muito nos últimos anos. A metodologia atende aos objetivos propostos, não oferece riscos à saúde e são grandes os benefícios para a alimentação humana.

O projeto contará com a infra-estrutura montada pelo mesmo grupo de pesquisa em projeto anterior, mesmo assim, pedidos de bolsas feitos à Capes, CNPq e Fapesp estão em andamento, além de parceria com empresa de moagem de milho. Os resultados serão divulgados em congressos e revistas da área.

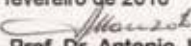
Será montado um grupo de pessoas que estarão esclarecidas a respeito da degustação do produto, será levado em conta a idade e o sexo das mesmas. Estas pessoas serão voluntárias e responderão a um questionário sobre a palatabilidade do produto, estas opiniões irão desde gostei muitíssimo até desgostei muitíssimo. Estes dados serão confidenciais e não serão usados em outras pesquisas.

A aluna não possui trabalhos publicados em revistas da área, mas isto é considerado normal uma vez que está se iniciando na carreira, o seu orientador possui um ótimo currículo na área. Considerando as alterações no referido documento e todos os itens anteriores anteriormente atendidos, e atende os termos da resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, portanto o CEP aprova o projeto em questão.

(X) APROVADO
☐ COM PENDÊNCIA, máximo de 60 dias para atendimento
☐ RETIRADO
☐ NÃO APROVADO
☐ APROVADO, aguardar apreciação final da CONEP

Datas previstas para apresentação dos relatórios
1º relatório: outubro/2010 – 2º relatório: outubro/2011
Obs.: Para facilitar a apresentação do relatório poderá seguir como orientação o roteiro no site http://www.ibilce.unesp.br/instituição/comissoesetica/arquivos/Roteiro_02.doc

São José do Rio Preto, 10 de fevereiro de 2010


Prof. Dr. Antonio José Manzato
Vice-Coordenador do CEP

Rua Cristóvão Colombo, 2265 – Jardim Nazareth - CEP 15054-000
 São José do Rio Preto – SP – Brasil
 Tel (17) 3221-2456