UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos

MÁRCIA ANDRADE BERNARDINO

**Caracterização e aplicação da farinha do bagaço da
cana-de-açúcar em bolo**

Pirassununga

2011

MÁRCIA ANDRADE BERNARDINO

**Caracterização e aplicação da farinha do bagaço da
cana-de-açúcar em bolo**

Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Ciências da Engenharia de Alimentos.

Área de Concentração: Caracterização Física, Química e Físico-Química dos Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Carmen Sílvia Favaro
Trindade

Pirassununga

2011

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Serviço de Biblioteca e Informação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
da Universidade de São Paulo

B523c

Bernardino, Márcia Andrade

Caracterização e aplicação da farinha do bagaço da
cana-de-açúcar em bolo. /Márcia Andrade Bernardino. --
Pirassununga, 2011.

83 f.

Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Zootecnia e
Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo.

Departamento de Engenharia de Alimentos.

Área de Concentração: Ciências da Engenharia de
Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Carmen Silvia Fávaro
Trindade.

1. Bagaço da cana-de-açúcar 2. Fibra 3. Bolo.
I. Título.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Antonio e Marlene, que sempre me dispensaram atenção, amor, ternura, educação e me incentivaram, com exemplos de vida, que podemos servir ao próximo em qualquer atividade que realizamos.

AGRADECIMENTOS

À Professora Carmen S. Fávaro Trindade, que além de contribuir muito com meu crescimento científico e intelectual, pode compreender, com paciência, meus momentos de cansaço, esquecimentos e enfermidades e, representou para mim, modelo de mulher inteligente, atenciosa, competente, paciente, criativa e dedicada.

Ao Professor Raul Franzolin Neto pela oportunidade de me aceitar no mestrado nesses exatos anos.

Ao Coronel Bandeira e Capitão Soares pelo incentivo e dispensas do serviço; sem elas, o mestrado não teria início, nem fim.

Ao especialista de laboratório Marcelo Thomazini por todo conhecimento, paciência, apoio técnico e científico nestes anos.

À Universidade de São Paulo, funcionários e professores, que me recebeu de braços abertos com seu apoio e atenção.

Às empresas Dilumix e Selmi, representadas, pelo Luiz Guilherme G. Marcondes e Davi Nogueira, respectivamente, pela doação de matérias-primas, tempo e espaço em suas empresas.

À pós-doutoranda Riana Heinemann e à mestre Juliana Cardoso pela análise dos resultados. Às estagiárias, Camilla Wintruff, Fernanda Bozza e Daniela Cyrino pela ajuda e alegria em todos os momentos.

Ao meu amado esposo, Mauro Leite, por ser exemplo de estudante universitário, estudioso, inteligente, amigável, sincero e carinhoso.

Aos demais técnicos de laboratórios da FZEA/USP, Nilson, Ednelí, Guilherme, Roberta, Rose, por cada parcela de conhecimento e ajudas técnicas.

Ao especialista de laboratório Eduardo Almeida, do CENA, pela realização das análises de minerais.

Ao especialista de laboratório Francisco Carraro, da FEA/UNICAMP, pela realização das análises de perfil de textura.

Aos colegas e amigos da Academia da Força Aérea pelo incentivo e pela compreensão quando estive ausente de corpo e alma nos eventos e conversas.

A todos que, de alguma maneira, participaram da realização deste trabalho os meus sinceros agradecimentos.

E, principalmente, ao eterno e amado Jesus que me iluminou nesses tempos para que, não desistisse dessa caminhada e nem me deixasse levar pela loucura!!!

EPÍGRAFE

“Sei que meu trabalho é uma gota no oceano, mas sem ele o oceano seria menor”.

Madre Teresa de Calcutá

RESUMO

BERNARDINO, M. A. **Caracterização e aplicação da farinha do bagaço da cana-de-açúcar em bolo**. 2011. 83f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2011.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar a farinha do bagaço da cana-de-açúcar (FBCA) e avaliar o efeito de sua aplicação, como fonte de fibra insolúvel, em bolo. A FBCA foi caracterizada com relação a sua composição química (teor de umidade, cinzas, proteínas, carboidratos, fibras solúveis, fibras em detergente ácido e neutro e lipídeos), atividade de água (A_w), composição de minerais pela técnica de Espectrometria de Fluorescência de Raios-X (TXRF), determinação do tamanho e distribuição das partículas, avaliação da cor instrumental e contagem de bolores e leveduras e de coliformes totais. A FBCA foi aplicada em bolo tipo *cupcake* nas proporções de 3 e 6%. Os bolos recém-preparados foram avaliados com relação à umidade, atividade de água (A_w), densidade, cor instrumental e pH. Os bolos foram estocados durante 42 dias e em 5 pontos deste período foram avaliados com relação a umidade, A_w , perfil de textura (parâmetros dureza, elasticidade e coesão), contagem de bolores e leveduras e aceitação sensorial (atributos aparência, sabor, aroma, textura e aceitação global). Todas as análises foram realizadas também em uma amostra controle, preparada sem a adição de FBCA, para efeito de comparação. A FBCA demonstrou ser excelente fonte de fibra insolúvel, com 81,92% entre celulose, lignina e hemicelulose, bem como de minerais como o ferro, manganês e cromo. Todavia é uma fonte pobre de fibra solúvel, proteína, carboidratos e lipídeos. Em torno de 60% das partículas da FBCA possuem tamanho inferior a 80 μ m. A FBCA apresentou contagem alta de bolores e leveduras e cor tendendo para o amarelo e vermelho. Os bolos apresentaram em torno de 15% de umidade e A_w na faixa intermediária. Bolos com FBCA foram ligeiramente mais úmidos, escuros e densos que o controle. Porém, foram menos elásticos e tão coesos e duros quanto. Os bolos adicionados de 3% de FBCA apresentaram a mesma aceitação que o produto tradicional, com

a vantagem do maior valor nutricional em função da presença das fibras e dos minerais oriundos da FBCA.

Palavras-chave: bagaço da cana-de-açúcar, fibra, bolo.

ABSTRACT

The aim of this study was to characterize the flour from sugarcane bagasse (FSB) and to evaluate the effect of its application as a source of insoluble fiber in cake. The FSB was characterized in respect to the chemical composition (moisture content, ash, proteins, carbohydrates, soluble fiber, fiber in acid and neutral detergent, cellulose, hemicellulose, lignin and lipids), water activity (A_w), mineral composition by Fluorescence spectrometry technique X-ray (TXRF), size and distribution of particles, evaluation of the instrumental color and counts of molds and total coliforms. The FSB was applied in cupcakes, in proportions of 3% and 6%. The freshly prepared cakes were evaluated in respect to moisture content, water activity (A_w), density, pH and instrumental color. The cakes were stored for 42 days and during this period were evaluated for moisture content, A_w , instrumental texture (hardness, elasticity and cohesion), counts of molds and sensory acceptance (appearance, taste, flavor, texture and overall acceptance). All analysis were also carried out in a control sample, prepared without the addition of FSB, for comparison. The FSB demonstrated to be an excellent source of insoluble fiber, containing 81.92% between cellulose, lignin and hemicellulose, and is source of minerals such as iron, manganese and chromium. However, it is a poor source of soluble fiber, protein, carbohydrates and lipids. Around 60% of the particles of FSB are smaller than 80 μ m. The FSB presented high counts of molds and the color tends to yellow and red. The cakes showed around 15% of moisture content and A_w in the middle range. Cakes with FSB were slightly damper, darker and denser than traditional. However were less elastic, but so cohesive and hard as the traditional one. Cakes added with 3% of FSB presented the same acceptance that the traditional product, with the advantage of greater nutritional value due to the presence of fibers and minerals from FSB.

Keywords: sugarcane bagasse, fiber, cake.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Modelo de ficha com escala estruturada de 9 pontos utilizada nos testes de aceitação sensorial dos bolos.	39
Figura 2	Imagem dos bolos cortados contendo 0, 3 e 6% da FBCA, respectivamente.	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Composição média de três variedades de cana-de-açúcar, com valores expressos em porcentagem.	19
Tabela 2	Composição química do bagaço de cana-de-açúcar, em porcentagem de matéria seca.	19
Tabela 3	Teor de fibras em alguns produtos (g/100g).	23
Tabela 4	Fibras alimentares, fontes e efeitos benéficos.	24
Tabela 5	Ingredientes utilizados nas três formulações de bolo (sem adição da FBCA, fonte e rico).	36
Tabela 6	Composição química da FBCA.	41
Tabela 7	Análise da atividade de água e cor instrumental da FBCA.	45
Tabela 8	Tamanho e distribuição de partículas da FBCA.	45
Tabela 9	Composição média de minerais presentes na FBCA, limite de quantificação da metodologia utilizada (LD) em mg/L, nível de Ingestão Máxima Tolerável (UL), RDA e porcentagem do RDA em 6g da farinha.	47
Tabela 10	Contagens de bolores e leveduras e de coliformes totais na FBCA.	54
Tabela 11	Influência da incorporação de FBCA na cor instrumental da crosta e miolo dos três bolos.	56
Tabela 12	Resultados das análises físico-químicas realizadas nos bolos recém-produzidos.	58
Tabela 13	Contagem de bolores e leveduras (UFC/g) nos bolos recém-preparados e após 42 dias de estocagem.	59
Tabela 14	Avaliação da umidade dos bolos ao longo do período de estocagem.	60
Tabela 15	Avaliação da A_w dos bolos ao longo do período de estocagem.	61

Tabela 16	Avaliação da dureza dos bolos ao longo do período de estocagem.	62
Tabela 17	Avaliação da coesividade dos bolos ao longo do período de estocagem.	63
Tabela 18	Avaliação da elasticidade (cm) dos bolos ao longo do período de estocagem.	64
Tabela 19	Avaliação da aparência dos bolos para os três tratamentos a longo do período de estocagem.	65
Tabela 20	Avaliação do aroma dos bolos a longo do período de estocagem.	65
Tabela 21	Avaliação do sabor dos bolos a longo do período de estocagem.	66
Tabela 22	Avaliação da textura dos bolos a longo do período de estocagem.	67
Tabela 23	Avaliação da aceitação global dos bolos a longo do período de estocagem.	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	Peróxido de Hidrogênio Alcalino
ANFAL	Associação Nacional dos Fabricantes de Alimentos para Animais
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
Aw	Atividade de Água
CENA	Centro de Energia Nuclear na Agricultura
CRA	Capacidade de Retenção de Água
ESALQ	Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
FAI	Fibras Alimentares Insolúveis
FAO	Organização das Nações Unidas Para Agricultura e Alimentação
FAS	Fibras Alimentares Solúveis
FAT	Fibras Alimentares Totais
FBCA	Farinha do Bagaço da Cana-de-Açúcar
FDA	Fibra em Detergente Ácido.
FDN	Fibra em Detergente Neutro.
FZEA	Faculdade De Zootecnia e Engenharia de Alimentos
HNO3	Ácido Nítrico
IAC	Instituto Agronômico de Campinas
ILSI	International Life Sciences Institute
INC	Informação Nutricional Complementar
ITAL	Instituto de Tecnologia de Alimentos
LD	Limite de Detecção

ND	Não Determinado
NMP	Número Mais Provável
OBC	Capacidade de Retenção de Óleo
PDA	Potato Dextrose Ágar
RDA	Ingestão Diária Recomendada
TPA	Perfil de Textura
TXRF	Técnica de Espectrometria de Fluorescência de Raios-X
UFC	Unidade Formadora De Colônia
UL	Ingestão Máxima Tolerável
USP	Universidade de São Paulo
UV	Ultravioleta

SUMÁRIO

1. Introdução	16
2. Revisão Bibliográfica	18
2.1. Bagaço da cana-de-açúcar	18
2.2. Fibras alimentares	20
2.2.1. Aplicação de fibras em alimentos	27
2.2.2. Textura de produtos enriquecidos com fibras	28
2.3. Utilização do bagaço da cana-de-açúcar na alimentação humana	29
3. Material e Métodos	30
3.1. Material	30
3.2. Métodos	31
3.2.1. Composição Química	31
3.2.1.2. Açúcar	31
3.2.1.3. Proteínas	31
3.2.1.4. Lipídeo	31
3.2.1.5. Cinzas	32
3.2.1.6. Umidade	32
3.2.1.7. Hemicelulose, Celulose e Lignina	32
3.2.1.8. Fibra Alimentar Solúvel	32
3.2.1.9. Determinação da Atividade de Água	32
3.2.2. Análise da Cor Instrumental	33
3.2.3. Análise do Tamanho e Distribuição de Partículas	33
3.2.4. Determinação de minerais pela Técnica de Espectrometria de Fluorescência de Raios-X (TXRF)	33
3.2.5. Análise Microbiológica da FBCA	35
3.2.5.1. Contagem de bolores e leveduras	35
3.2.5.1. Contagem de coliformes totais	35

3.2.6. Aplicação da FBCA em bolo	35
3.2.6.1. Preparo dos bolos	35
3.2.7. Caracterização dos bolos	37
3.2.7.1. pH	37
3.2.7.2. Densidade	37
3.2.7.3. Perfil de textura	37
3.2.7.4. Aceitação Sensorial	38
3.3. Análises estatísticas dos resultados	40
4. Resultados e Discussão	41
4.1. Composição Química da FBCA	41
4.2. Análise da Atividade de Água e da Cor Instrumental da FBCA	45
4.3. Análise de Tamanho e Distribuição de Partículas da FBCA	46
4.4 Análise de Minerais da FBCA	47
4.5. Análises Microbiológicas da FBCA	53
4.6. Incorporação da FBCA em bolo e avaliação da cor instrumental	55
4.7. Análises físico-químicas nos bolos recém-preparados	57
4.8. Avaliação microbiológica nos bolos recém-preparados e após 42 dias de estocagem	59
4.9. Análises físico-químicas nos bolos ao longo da estocagem	60
4.10. Avaliação da aceitação sensorial das amostras durante a estocagem	65
5. Conclusões	71
6. Referências Bibliográficas	72

1. Introdução

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é uma planta de suma importância para a economia brasileira, pois se tornou grande geradora de empregos e de energia, via sua transformação em açúcar e álcool. Como consequência do processamento industrial da cana, são produzidos inúmeros resíduos, entre eles o bagaço, responsável por 25 a 30% do peso da cana moída (NUSSIO, 1993 citado por PINTO, 2007).

Teixeira et al. (2007) relatou que o bagaço de cana-de-açúcar é considerado o maior resíduo da agroindústria brasileira. E, embora seja utilizado como combustível para as caldeiras das próprias usinas, ainda resta um excedente equivalente a 20% do total gerado. Tamanha quantidade de excedente justifica a busca por alternativas para sua utilização e agregação de valor, como a que está proposto neste trabalho.

A problemática ambiental decorrente dessa atividade agroindustrial despertou a atenção de pesquisadores da comunidade científica brasileira, os quais passaram a sugerir propostas mais rentáveis de aproveitamento desse descarte, como a produção de xarope de glicose, de etanol (CEREDA, 1994; LORENZONI; MELLAS, 1994), como ingrediente para produção de ração animal de ruminantes e aves (MEADE; CHEN, 1977), sendo vastos os estudos nesta área; e também foi pesquisada sua utilização em ração canina (PINTO, 2007); no entanto, foi encontrado apenas um estudo que tratou da incorporação de farelo do bagaço na alimentação humana. Neste estudo, o bagaço foi adicionado em diversas concentrações na fabricação de pão, substituindo outra fonte de fibra insolúvel (SANGNARK e NOOMHORM, 2004).

Alguns estudos informam que o bagaço da cana é rico em fibra insolúvel (CARVALHO et al., 2006; JÚNIOR et al., 2007; PIRES et al., 2004), mas não se conhece ao certo a composição nutricional, sua qualidade microbiológica, se este resíduo pode ser utilizado na alimentação humana e quais seriam os efeitos fisiológicos gastrointestinais quando ingeridos pelo homem, por isso, faz-se necessário o estudo mais específico desse resíduo da indústria canavieira.

A fibra compreende os componentes da parede celular dos vegetais que não são digeridos pelo organismo humano. Assume um papel importantíssimo no estímulo ao peristaltismo, movimentos do intestino que determinam uma maior ou menor velocidade de passagem do bolo alimentar pelo trato gastrointestinal. Indivíduos que apresentam uma baixa ingestão diária de fibra, a partir da alimentação, estão mais propensos a uma série de problemas que vão desde a sensação dos incômodos causados pelos gases intestinais, desenvolvimento de hemorróidas, até o câncer intestinal e problemas cardiovasculares (BOAS, 1999).

Por outro lado, o crescente mercado dos produtos naturais, aliado ao interesse dos consumidores na prevenção de doenças, tem pressionado a indústria alimentícia na busca por produtos mais saudáveis e direcionado pesquisas nesse sentido. Neste contexto, os alimentos funcionais ganharam destaque pelos efeitos benéficos que promovem à saúde (ANJO, 2004).

Inúmeros estudos têm sido realizados no sentido de substituir o trigo na elaboração de produtos de panificação devido às restrições econômicas, exigências comerciais, novas tendências de consumo e hábitos alimentares específicos (PEREZ; GERMANI, 2004). A farinha do bagaço de cana pode ser uma alternativa para substituição do farelo de trigo.

Mudanças no processamento e a crescente exigência do consumidor por alimentos com qualidade sensorial, nutricional e que tragam benefícios à saúde incentivam o estudo de novos ingredientes para a indústria de alimentos (IDRIS et al., 1996; MOSCATTO; PRUDENCIO-FERREIRA; HAULY, 2004).

Entre os produtos de panificação, o bolo vem adquirindo crescente importância no que se refere ao consumo e à comercialização no Brasil, principalmente, devido ao desenvolvimento técnico que possibilitou mudanças nas indústrias que passaram da pequena à grande escala (MOSCATO; PRUDÊNCIO-FERREIRA; HAULY, 2004).

A possibilidade de agregar valor a um dos maiores resíduos da agroindústria, a importância da fibra na alimentação, aliada à crescente demanda por alimentos funcionais motivaram a realização deste trabalho que teve como objetivos

caracterizar a farinha do bagaço da cana-de-açúcar (FBCA) e avaliar o efeito de sua aplicação em bolo.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Bagaço da cana-de-açúcar

Segundo Burgil (1995) de cada tonelada de cana moída na indústria obtêm-se 700 litros de caldo de cana e 300 kg de bagaço (50% de matéria seca), portanto, das 250 milhões de toneladas de cana moída nas usinas e destilarias do Brasil, a cada ano, 75 milhões de toneladas de bagaço de cana são obtidos.

A maior parte do bagaço produzido é utilizada na produção de energia e movimentação das caldeiras. Porém, estima-se que o excedente de bagaço atinja 20% do total, o que equivale a uma sobra anual de 15 milhões de toneladas (TEIXEIRA et al., 2007). Diante do exposto, buscam-se alternativas para aplicação deste bagaço excedente, tais como na indústria de papel e papelão, na fabricação de aglomerados, na indústria química, como material alternativo na construção civil (FREITAS, 1996; VALENCIANO & FREIRE, 2009), na produção de biomassa microbiana e principalmente na alimentação animal. Ainda assim, o resíduo que não tem aplicação vem causando sérios problemas de estocagem e de poluição ambiental.

Em decorrência da crescente atividade sucroalcooleira, vários pesquisadores têm conduzido diversos estudos de utilização dos subprodutos da cana, como levedura, vinhaça, torta de filtro, ponta de cana e bagaço de cana, sendo que este último, quantitativamente, é o mais importante (TEIXEIRA et al., 2007).

As Tabelas 1 e 2 apresentam a composição média de três variedades de cana-de-açúcar e a composição do bagaço da cana, respectivamente.

A fibra alimentar teve sua importância reconhecida e começou a ser recomendada na alimentação devido ao aumento da incidência de algumas doenças crônicas tais como a obesidade, doenças cardiovasculares, diabetes e

hipercolesterolemia, que surgiram à medida que os alimentos naturais eram substituídos pelos processados e refinados, à base de cereais refinados e açúcar, portanto, pobres em fibra alimentar (PEREZ & GERMANI, 2007).

Tabela 1 – Composição média de três variedades de cana-de-açúcar, com valores expressos em porcentagem.

	KASSOER	IAC 36-25	Co-413
Matéria seca	16,2	18,6	23,8
Proteína bruta	4,3	4,1	2,4
Fibra bruta	35,8	26,5	25,6
Extrato não nitrogenado	53,2	64,5	68,0
Matéria seca digestível	30,1	52,0	58,2
Nutrientes digestível totais	34,4	52,6	61,2

Fonte: Pedreira (1962).

Tabela 2 – Composição química do bagaço de cana-de-açúcar, em porcentagem de matéria seca.

Componente	Composição
Matéria seca	40,11
Proteína bruta	2,32
Fibra em detergente neutro	59,02
Fibra em detergente ácido	38,34
Hemicelulose	20,68
Celulose	30,3
Lignina	7,34
Extrato etéreo	0,07
Cinzas	1,22
Nitrogênio insolúvel em detergente neutro	0,07
Nitrogênio solúvel em detergente ácido	0,08
Cinza insolúvel de detergente neutro	0,65
Cinza insolúvel de detergente ácido	1,45

Fonte: Carvalho et al. (2006).

2.2. Fibras alimentares

Historicamente, foi somente no início dos anos 70 que alguns cientistas sugeriram que as fibras poderiam ter algum benefício para a saúde. Um dos maiores responsáveis por esta teoria é o Doutor Denis Burkitt, médico inglês, que passou muitos anos praticando e conduzindo pesquisas médicas na África. O Doutor Burkitt e colaboradores observaram que um certo número de problemas de saúde – incluindo doenças coronárias, diabetes, diverticulose do cólon, apendicites, hérnias hiatal, hemorróidas, varizes, constipação crônica e câncer do cólon – eram doenças comuns nas populações dos países ocidentais desenvolvidos, mas muito raras na África. Isso porque a população nativa consumia dietas ricas em fibras (THEBAUDIN et al., 1997; FIBRAS, 1999).

Fibra alimentar, também conhecida como fibra dietética, é um importante componente alimentar que consiste do material vegetal não digerível pelo organismo monogástrico, ou seja, resistente à hidrólise pelas enzimas do trato digestivo. É determinada como resíduo que permanece após as extrações sucessivas com soluções ácidas e/ou álcalis (BOAS, 2001).

A fibra vegetal difere do amido e do glicogênio pelo fato de que suas unidades monossacarídeas possuem configuração e ligações beta, o que confere resistência à digestão pelas enzimas endógenas. Em consequência, a fibra da dieta não pode degradar-se em unidades monossacarídeas para sua posterior absorção pelo intestino delgado (CASE et al., 1998 apud PINTO, 2007).

A tendência atual é considerar a fibra dietética não apenas uma substância, mas um conceito dado, de acordo com a opinião do botânico, do fisiologista, do nutricionista ou do gastroenterologista. Independentemente do fato de que a denominação “fibra dietética” seja a correta para definir todos esses conceitos, podemos mencionar uma série de requisitos para que se enquadre dentro desta definição:

- Substância de origem vegetal;
- São carboidratos ou derivadas deles;

- Conjunto heterogêneo de moléculas complexas;
- Não fragmentável (hidrolisadas) pelas secreções e enzimas digestivas humanas;
- Parcialmente fermentada pelas bactérias do cólon;
- Ativa, do ponto de vista osmótico (CUKIER, 2005).

Constitui-se importante fonte de energia para animais ruminantes. A celulose é desdobrada pelos microrganismos do rumem, formando ácidos graxos voláteis utilizados como fonte de energia para estes animais (BOAS, 2001).

Segundo Boas (2001), a fibra compreende a parte principal do material de construção da parede celular dos vegetais, esta é constituída por uma complexa associação entre carboidratos, proteínas, lignina, minerais, água e substâncias incrustantes, como cutina e suberina. A constituição da parede celular está intimamente relacionada com o potencial de conservação pós-colheita dos vegetais, bem como com sua resistência, pré e pós-colheita, a insetos, patógenos e condições adversas.

Os compostos identificados como fibra podem ser encontrados (CECCHI, 2001) na parede celular das células de tecido vegetal (onde aparecem em maior abundância), no cimento intercelular, na secreção produzida por plantas como resposta a uma agressão e na cobertura de sementes para evitar desidratação.

Com a exceção da lignina, as fibras alimentares pertencem ao grupo dos carboidratos. São polissacarídeos de alto peso molecular não amiláceos compostos por moléculas de açúcares: pentoses (arabinose, xilose), hexoses (manose, glicose, galactose, frutose), 6-Deoxyhexoses (L-manopirranose/fucopirranose) ou ácidos urônicos (D-glicônico; 4-O Metil-D-glicurônico, D-galacturônico). Por definição, são polímeros com mais de onze unidades destes açúcares, unidas por ligações glicosídicas.

As cadeias laterais ou ramificações da estrutura básica são responsáveis pela solubilidade das Fibras Alimentares Totais (FAT) que podem ser divididas em: Fibras

Alimentares Solúveis (FAS): pectinas, gomas, mucilagens e alguns tipos de hemiceluloses e Fibras Alimentares Insolúveis (FAI): celulose, alguns tipos de hemiceluloses e lignina. Há também uma fração do amido que não é digerida enzimaticamente denominado amido resistente e pode ser classificado em três tipos. Tem efeito semelhante ao da fibra alimentar, por isso é considerado como tal.

Como se pode observar na Tabela 2, a maioria das fibras do bagaço da cana-de-açúcar é do tipo insolúvel, portanto, essa categoria será tratada com mais detalhes neste trabalho.

As fibras insolúveis captam pouca água, são pouco fermentáveis e formam misturas de baixa viscosidade. São constituídas pela celulose, hemicelulose tipo beta e, principalmente, a lignina, que é a mais hidrofóbica de todas as fibras e está presente em pequena quantidade na dieta humana, mas, também é incluída como fibra dietética. Desta forma, à medida que a planta envelhece tornando-se mais rica em lignina, ela vai progressivamente perdendo seu conteúdo em água (CUKIER, 2005).

A celulose é o principal componente estrutural das paredes celulares dos vegetais. Geralmente aparece acompanhada de outros polímeros, como a lignina e as hemiceluloses. É formada por moléculas de glicose unidas por ligações beta 1,4. As moléculas de celulose são longas e rígidas, mesmo em solução (ORDÓNEZ et al., 2005). Este polissacarídeo não é digerido pelo homem, mas é extremamente importante para a dieta humana, fazendo parte da fração “fibras dietéticas” (BOBBIO, 2003).

A hemicelulose é um polissacarídeo complexo encontrado nas paredes de células vegetais em estreita associação com a celulose e lignina. Constituída pela ligação de diferentes açúcares, como a ramnose, fucose, arabinose, xilose, manose, galactose e glucose. É solúvel em álcali diluído (BOAS, 2001). A influência da hemicelulose na dieta ainda não foi totalmente esclarecida. Contudo, por integrar a fibra dietética e não ser digerida com facilidade pode ter efeitos fisiológicos benéficos sobre a motilidade intestinal, aumento do peso e do volume e redução do tempo de trânsito do bolo fecal (ORDÓNEZ et al., 2005).

A lignina é um polímero fenólico, portanto, não é um carboidrato. Entretanto, se enquadra na fração fibra. Presente, principalmente, nas partes lenhosas e mais velhas dos vegetais (sabugos, cascas, palhas, etc). Age no fortalecimento e proteção da parede celular ao ataque químico, físico e biológico. Não é digerível nem pelo organismo dos ruminantes (BOAS, 2001). A lignina possui ação antioxidante; também se liga aos ácidos biliares e aos metais. Ainda está relacionada com a prevenção de obesidade, diabetes, doenças cardiovasculares, alguns tipos de câncer e outras doenças gastrointestinais (WILLIAMS, 1997).

As fibras insolúveis são encontradas nas hortaliças, principalmente as folhosas, nas cascas de frutas, nos farelos de cereais, empregados em vários produtos facilmente disponíveis no mercado na forma de cápsulas, cereais matinais, flocos, produtos de panificação e biscoitos, conforme observamos na Tabela 3.

Tabela 3 – Teor de fibras em alguns produtos (g/100g).

Alimento	Fibra insolúvel	Fibra solúvel	Total
Farelo de trigo	36-40	3-5	40-45
Fibra de trigo	95	3	98
Fibra de cevada	54	3-4	57-58
Fibra de aveia	75-96	1-2	77-80
Farelo de aveia	9-10	9-10	18-20
Fibra da beterraba açucareira	40-50	20-28	60-78
Fibra da maçã	45	15	60
Fibra da laranja	32	28	60
Fibra da ervilha	61-77	9-12	70-89
Inulina	-	97	97
Amido	30	-	30

Fonte: Fibras (1999).

A passagem das fibras alimentares pelo trato gastrointestinal resulta em diversos efeitos fisiológicos para o organismo e sua ingestão reduzida vem sendo associada ao aumento de inúmeras doenças crônicas não transmissíveis (GIUNTINI et al., 2003). As fibras aumentam o volume do conteúdo gástrico e retardam o seu esvaziamento, favorecendo por isso a sensação de satisfação e protelando o

aparecimento da fome; uma vez que retardam o esvaziamento gástrico, enviam porções de carboidratos espaçadas ao duodeno, permitindo uma glicemia mais controlada, evitando picos de hiperglicemia; alteram o tempo de absorção da glicose e contribuem para uma redução do total da glicose absorvida no intestino; estimulam o esvaziamento biliar; diminuem a quantidade de colesterol absorvida pelo intestino, contribuindo assim, para a redução dos níveis de colesterol sanguíneo; aceleram a mobilidade intestinal; uma vez que aceleram a velocidade do trânsito intestinal, diminuem o tempo de exposição da parede do cólon a agentes potencialmente nocivos (cancerígenos, tóxicos, etc.); reforçam a atividade das bactérias protetoras existentes na microbiota intestinal; promovem a redução da pressão intracólica (intestino grosso).

Na Tabela 4 verificam-se alguns tipos de fibras, suas fontes e seus benefícios à saúde.

O consumo de produtos integrais é considerado baixo em comparação aos tradicionais, isto se dá especialmente pela falta de informação dos consumidores sobre os benefícios do produto (MOURA, 2008).

A presença de fibra alimentar nos alimentos é de grande interesse na área da saúde, já que têm sido relatados numerosos estudos que relacionam o papel da fibra alimentar com a prevenção de certas enfermidades (LEME, 2007).

Tabela 4 – Fibras alimentares, fontes e efeitos benéficos.

Fibra alimentar	Fontes alimentares	Benefício à saúde
Celulose (insolúvel)	Farelo, trigo integral, centeio integral, maçãs, pêras, feijões, ervilhas, família do repolho, verduras de raiz, tomates frescos, soja.	Reduz os níveis de glicemia em jejum, reduz a glicosúria e as exigências de insulina, no Diabético; Estimula o peristaltismo, aumentando o volume do bolo fecal, proporcionando o poder de saciedade, contribuindo para prevenção e tratamento da obesidade e constipação e reduz o risco de doenças cardiovasculares e alguns cânceres (cólon).
Hemicelulose	Farelo, cereais (aveia), grãos	Aumenta o volume do bolo fecal, prevenindo a

(a maioria é insolúvel)	é integrais.	constipação; reduz a pressão do cólon, ligando-se aos ácidos biliares, prevenindo o câncer de cólon, obesidade e diminuindo o risco de doenças cardiovasculares.
Pectina (a maioria solúvel)	(a Maçãs, frutas cítricas, frutas silvestres, especialmente morangos, feijões de vagem, cenouras.	Liga-se ao colesterol e aos ácidos biliares. Previne doenças cardiovasculares, reduzindo o nível de triacilglicerol e colesterol sanguíneos, inibindo a recirculação de ácidos biliares; reduz a incidência de câncer de cólon.
Gomas (solúveis)	Farinha de aveia, espessante de derivado dos alimentos, estabilizante, feijões secos, outros legumes, gomas vegetais usadas no processamento de alimentos.	Liga-se ao colesterol e aos ácidos biliares. Diminui o esvaziamento gástrico; fornece material fermentável às bactérias colônicas que produzem ácidos graxos voláteis e gás. Retarda o tempo de esvaziamento gástrico, prevenindo obesidade, diabetes e doenças cardiovasculares.
Mucilagens (solúvel)	Espessantes de alimentos, estabilizantes.	Diminui o esvaziamento gástrico; é substrato fermentável às bactérias colônicas; liga-se aos ácidos biliares, prevenindo obesidade, diabetes e doenças cardiovasculares.
Substâncias de Algas	Espessantes de alimentos, estabilizantes.	Diminui o esvaziamento gástrico; é substrato fermentável às bactérias colônicas; liga-se aos ácidos biliares, prevenindo obesidade, diabetes, doenças cardiovasculares e alguns tipos de câncer.
Lignina (não carboidrato, insolúvel)	(não Trigo integral, centeio integral, morangos, pêssegos, pêras, ameixas, verduras maduras	Antioxidante; liga-se aos ácidos biliares e metais; prevenindo obesidade, diabetes, doenças cardiovasculares, alguns tipos de câncer e outras doenças gastrointestinais.

Fonte: Willian (1997).

A fibra alimentar apresenta diversas aplicações na indústria de alimentos, podendo ser utilizada em substituição à gordura, ao amido ou ainda atuando como agente estabilizante, espessante e emulsificante. Por isso, a fibra alimentar pode ser incorporada aos inúmeros produtos alimentícios como sopas, sobremesas, biscoitos, molhos, bebidas, massas e pães (FREITAS et al., 2002 a, b, c).

Segundo Thebaudin et al. (1997), as fibras alimentares também têm propriedades tecnológicas que podem ser utilizadas na formulação de alimentos, resultando na modificação da textura e aumento da estabilidade dos alimentos durante a produção e armazenamento.

A indústria alimentícia tem ciência de que a adição de fibra alimentar em um produto requer o conhecimento das suas propriedades físico-químicas, pois, dependendo da concentração incorporada, as características sensoriais modificam-se drasticamente, contribuindo para uma reduzida aceitação pelo mercado consumidor (GIUNTINI et al., 2003; COUTO et al., 2004).

Os principais critérios para aceitação de alimentos enriquecidos com fibras alimentares são: bom comportamento no processamento, boa estabilidade e aparência e, satisfação no aroma, na cor, na sensação deixada pelo alimento na boca e na textura (POSSAMAI, 2005).

Grande parte dos produtos de panificação é composta por ingredientes que desempenham funções específicas no processo de formação da massa. Embora os constituintes possam variar em grau de importância no processo de fabricação, todos exercem determinada função. Muitas vezes, a maior ou menor importância desses ingredientes está associada com a quantidade adicionada à massa e ao tipo de produto (BORGES et al., 2006).

É necessário, portanto, que os alimentos escolhidos para integrar farinhas mistas sejam pesquisados quanto à composição química e características físicas e nutricionais para desenvolvimento de tecnologia que permita seu uso em produtos de panificação de forma eficiente (SILVA, 1997).

A qualidade de bolos pode ser avaliada por meios instrumentais e sensoriais. A avaliação sensorial da cor de produtos assados é um parâmetro crítico, pois bolos com crostas muito escuras estão associados às falhas no processo e formulação (ESTELLER et al., 2006).

Vergana-Valencia et al. (2006), estudaram um resíduo industrial: um concentrado da manga rico em fibra dietética. Foi observado que este concentrado

teve uma capacidade antioxidante, bem como, uma capacidade de retenção de água adequado, semelhante ao das fibras de outras frutas, porém com uma baixa capacidade de retenção de óleo. Posteriormente, incorporaram este concentrado de fibras da manga em produtos de panificação. Esses produtos de padaria conservaram o equilíbrio dietético da fibra solúvel e insolúvel, bem como a maioria da sua eficácia anti-radical. Testes “in vitro” da digestibilidade do amido desses produtos de panificação com o preparado da manga indicou um baixo índice glicêmico. Inferindo-se, que alimentos contendo este concentrado de fibras da manga podem ser benéficos para produção de outros produtos para pessoas com necessidades especiais, por exemplo, diabéticos.

Recentemente, Ayadi et al. (2009), substituíram a farinha comum por uma farinha feita de cladódios espinhosos e cladódios forrageiros na elaboração de bolos. Eles observaram que a farinha de cladódios pode ser uma ótima fonte de fibra, bem como possui um grande potencial tecnológico, como a capacidade de ligação de água e a capacidade de absorção de gordura. Quando níveis crescentes de farinha de cladódios foi acrescentada à massa do bolo, houve um aumento de tenacidade, de energia, de adesão, aderência e dureza da massa, enquanto que a elasticidade da massa diminuiu. Com o aumento dos níveis de cladódios na formulação de farinhas, as notas atribuídas na análise sensorial diminuíram. E o bolo contendo 5% da farinha de cladódios teve avaliação global aceitável.

Uma forma de garantir que a população em geral receba quantidade adequada de fibra na dieta é fortificar o alimento que, normalmente não estaria associado a esse benefício, mas que é geralmente ingerido como petisco, bolos ou “muffins” ou outros produtos que são consumidos no café da manhã (BAIXAULI, et al. 2007).

2.2.1. Aplicação de fibras em alimentos

Várias fibras alimentares foram empregadas para produzir “muffins” e bolos com alto teor de fibras. A fibra dietética de pêssegos (0-10%) foi adicionada à “muffins” (GRIGELMO-MIGUEL et al., 2001); Shafer & Zabik (1978) e Polizzoto et al. (1983) estudaram o efeito de diferentes fontes de fibra dietética (α -celulose, farelo de

milho, casca de aveia, farelo de arroz, farelo de trigo, farelo de soja e farelo de aveia) em “muffins” e bolos recheados, respectivamente; fibras isoladas de trigo, abacaxi e casca de semente de feijão de campo foram incluídas (5% w/w) em um pão de ló e suas propriedades físicas e sensoriais foram avaliadas (SREENATH, 1996); Chen et al. (1988) compararam fibra de maçã com farelo de trigo e aveia para avaliar as propriedades físico-químicas e seus efeitos sobre os “muffins”; Baixauli et al. (2008) estudaram o efeito da incorporação de amido resistente em substituição à farinha de trigo em “muffins”, avaliando sua qualidade sensorial, de textura e cor durante a vida de prateleira; Martínez-Cervera et al. (2011) estudaram o efeito da fibra do cacau como substituto de gordura em “muffins” de chocolate, analisando os resultados da textura, cor, aparência, composição; eles observaram que “muffins” contendo fibra de coco foram cada vez mais coesa e mais difícil de mastigar e engolir quando um nível mais elevado de fibra de coco foi adicionada. Um certo grau de viscosidade e um gosto amargo diferente do cacau foram encontrados.

2.2.2. Textura de produtos enriquecidos com fibras

A textura é uma das principais características de produtos de panificação que pode ser afetada com a adição de fibra. Isso pode ser determinado através de métodos sensoriais ou instrumentais. Métodos instrumentais oferecem algumas vantagens a mais que as análises sensoriais por que eles são rápidos e objetivos (BAIXAULI, SALVADOR, FISZMAN, 2008).

A textura é considerada um dos quatro fatores de qualidade dos produtos alimentares, sendo os outros três o sabor, a aparência e o valor nutricional. As propriedades de textura dos alimentos têm efeito substancial na percepção do sabor, sendo dada atenção particular ao efeito da viscosidade. Muitos estudos acerca da importância de diferentes modalidades sensoriais para a aceitabilidade do consumidor levam à conclusão de que o sabor é a modalidade mais importante, seguido pela textura e aparência. Tais conclusões não consideram o enorme esforço que as indústrias de alimentos emprega para desenvolver características de textura favoráveis e mantê-las durante a vida útil dos produtos (LEME, 2007).

A textura pode ser considerada uma manifestação das propriedades reológicas de um alimento e várias são as razões para se conhecer tais propriedades reológicas, dentre elas: a) efetuar o controle de qualidade de matérias-primas, de processos de fabricação e de produtos finais; b) estudar a influência de componentes de formulação e relacionar a estrutura dos produtos com as suas características reológicas; e c) correlacionar os dados reológicos com as avaliações organolépticas (LEME, 2007).

A adição de fibras solúveis de cacau como um substituto de gordura em “muffins” (MARTÍNEZ-CERVERA et al., 2011) deixou o bolo mais macio e com uma forma mais compacta, porém mais quebradiço e com migalhas menos gaseificadas. Um efeito contrário foi observado num estudo que substituiu parte da farinha com fibra de pêssago; os muffins resultantes eram mais duros e de difícil mastigação, mas a elasticidade e coesividade foram similares quando 31,7% da farinha foi substituído com fibra (GRIGELMO-MIGUEL et al, 1999).; esta mudança da textura do “muffin” foi relacionada à maior densidade de massa, menor formação de núcleos da bolha e da incapacidade de origem durante o cozimento. Baixauli, Salvador et al. (2008) obtiveram menores valores de elasticidade e coesividade que os do controle quando o amido resistente foi substituído por farinha.

2.3. Utilização do bagaço de cana-de-açúcar na alimentação humana

Os efeitos benéficos da fibra alimentar para a saúde humana têm sido amplamente relatados (CHAMP; GUILLON, 2000; REDDY, 1982; SCHNEEMAN, 1998; TARPILA; MIETTINEN; METSARANTA, 1978), com recomendações para consumo variando de 30 a 45g/dia (SCHWEIZER; WURSCH, 1991; SPILLER, 1986; STEPHEN, 1981). Isso tem levado à adição de fibra em produtos alimentícios. Mas efeitos negativos foram observados quando ingredientes contendo lignina, tais como farelo de cereais ou polpas de vegetais foram adicionados a produtos de panificação, perdendo o volume e dando uma textura arenosa (CUBOIS, 1978; TITICOMB & JENERS, 1986). Produtos contendo lignina não hidratam bem e, portanto, não amolecem e não integram bem com a massa (GOULD et al., 1989).

Melhores propriedades de hidratação dos ingredientes contendo lignina foram demonstradas após o tratamento com peróxido de hidrogênio alcalino (AHP) (GOULD, 1987 e 1989).

Esse tratamento foi realizado com o bagaço da cana-de-açúcar nos trabalhos de Sangnark & Noomhorm (2003, 2004) para utilização deste em pães. Os resultados desse experimento confirmaram que o tratamento AHP afetou as propriedades funcionais do bagaço de cana. Cor em termos de brilho, capacidade de retenção de água (CRA) e capacidade de retenção de óleo (OBC), foram todos aumentados significativamente com o tratamento da lignina. Reduções no tamanho da partícula tiveram correlações positivas com o seu CRA e OBC, mas negativa com sua densidade. A qualidade do pão, pelo teste objetivo e subjetivo, aumentou com a redução do tamanho das partículas. Concluiu-se que partículas menores que 0,075mm do bagaço de cana tratadas com AHP quando incorporadas em pão, levaram à obtenção de produtos melhor aceitos (SANGNARK e NOOMHORM, 2003 e 2004).

Portanto, o intuito deste trabalho também foi de ampliar a aplicação do bagaço em outros produtos de panificação, avaliando a aceitação sensorial e a qualidade destes produtos, do ponto de vista tecnológico.

3. Material e Métodos

3.1. Material

Foi utilizada farinha de bagaço da cana de açúcar (FBCA) doada pela empresa Dilumix (Leme, SP). De acordo com as informações desta empresa, a FBCA foi obtida do bagaço da cana-de-açúcar seco, lavado, em estufa com circulação forçada de ar, depois triturado e peneirado (peneiras com malhas de 850 e 250 μm).

Segundo a ANVISA (2005), quando um produto é obtido pela moagem da parte comestível de vegetais, podendo sofrer previamente processos tecnológicos adequados, ele pode ser definido como farinha, por isso, adotamos o termo – farinha do bagaço da cana-de-açúcar (FBCA).

Aproximadamente cinco quilogramas da FBCA foram embalados em um único saco plástico, armazenado à temperatura ambiente, na ausência de luz, e utilizado para todo o estudo.

3.2. Métodos

3.2.1. Composição Química

3.2.1.1. Açúcar

Para a determinação do teor de açúcares de baixo peso molecular foi utilizado o Método Volumétrico de Lane-Eynon, segundo a metodologia da Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1995).

3.2.1.2. Proteínas

Para a determinação do conteúdo de proteína foi utilizado o Método de Kjeldahl, segundo a metodologia da AOAC (1995).

3.2.1.3. Lipídeos

O teor de lipídeo foi determinado por extração por solvente orgânico (éter de petróleo), utilizando o Método de Soxhlet, segundo a metodologia da AOAC (1995).

3.2.1.4. Cinzas

O teor de cinzas foi determinado baseando-se na eliminação da matéria orgânica e inorgânica volátil à temperatura de 550°C, em mufla, segundo a metodologia da AOAC (1995).

3.2.1.5. Umidade

O teor de umidade da FBCA foi determinado em estufa a 105°C até peso constante, de acordo com o método oficial da AOAC (1995).

3.2.1.6. Hemicelulose, celulose e lignina

Foi realizada a determinação do teor de fibra em detergente ácido e em detergente neutro (FDA e FDN, respectivamente) pelo macro-método, utilizando-se o aparelho digestor de SEBELIN.

A FDA determina celulose e lignina. A FDN determina celulose, hemicelulose e lignina. A determinação da hemicelulose é realizada pela diferença entre a quantidade de fibra por detergente neutro e a fibra por detergente ácido (CECCHI, 2003).

3.2.1.7. Fibra Alimentar Solúvel

A análise foi realizada pelo Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), segundo os métodos propostos por Prosky et al. (1992) e modificado por Horwitz (2005).

3.2.1.8. Determinação da atividade de água

A atividade de água da FBCA foi determinada utilizando-se o equipamento AQUALAB série 3B, versão 3.5 (Decagon Devices, Pullman, EUA).

3.2.2. Análise da cor instrumental

A cor superficial das amostras (FBCA, crosta e miolo do bolo) foi determinada em colorímetro de bancada, marca Hunter Lab Miniscan XE Plus (Riston, Virginia, EUA). As coordenadas da escala CIElab (L^* , a^* , b^*) foram medidas utilizando-se como sistema referência o módulo de Reflectância Especular Exclusiva (RSEX), com o iluminante D65 e um ângulo de observação de 10° (McGUIRE, 1992). Medições de coloração foram expressas em termos da claridade L^* ($L^*=0$ preto e $L^*=100$ branco) e da cromaticidade definida por a^* ($+a^*$ =vermelho e $-a^*$ =verde) e b^* ($+b^*$ =amarelo e $-b^*$ =azul).

Cada valor apresentado representa a média entre três observações, que foi registrado em valores de reflectância (L^* , a^* , b^*).

3.2.3. Análise do tamanho e distribuição de partículas

Para a determinação do tamanho e a distribuição das partículas presentes na FBCA, foi utilizado o analisador de tamanho de partículas por difração a laser, Marca Shimadzu (Japão), modelo Sald 201V. A amostra da FBCA foi dispersa em água destilada e colocada em uma cubeta para a leitura.

3.2.4. Determinação de minerais pela Técnica de Espectrometria de Fluorescência de Raios-X (TXRF)

A análise de minerais foi realizada em parceria no CENA/ESALQ (Centro de Energia Nuclear na Agricultura/Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP – Piracicaba - SP) com as seguintes etapas:

Soluções padrões multielementares foram preparadas na faixa de 0 a 80 mg.L⁻¹ para o potássio (K) e cálcio (Ca) e 0 a 10 mg.L⁻¹ para manganês (Mn), ferro (Fé),

cobre (Cu), zinco (Zn), arsênio (As) e estrôncio (Sr) a partir de padrões rastreados de 1000 mg.L⁻¹, das marcas Aldrich Inc. e Specsol.

No preparo dos padrões para a análise por TXRF foi adicionado gálio (Ga) como padrão interno na concentração de 5,125 mg.L⁻¹; em seguida, fez-se a homogeneização, e 20 µL do padrão foram pipetados sobre o suporte de quartzo. Todo o procedimento de preparo de amostras e padrões foi realizado em uma capela de fluxo laminar. A secagem foi realizada em estufa à temperatura de 60 °C.

A digestão da amostra foi realizada segundo metodologia descrita por WARD et al. (1980), onde 500 mg da amostra foram digeridas em sistema aberto, utilizando 6 ml HNO₃ (65 % v/v), sob um aquecimento a 130 °C por 3 h. Seguiu-se a adição de H₂O₂ (30 % v/v). O volume do digerido foi aferido para 10 mL. Na etapa de preparo da amostra, para análise por TXRF, seguiu-se o mesmo procedimento descrito para os padrões.

A fim de se verificar a exatidão da metodologia analisou-se a amostra certificada IAEA-361 (*soya flour*).

Para a quantificação dos elementos de interesse, foi utilizado um módulo de reflexão total fabricado pela “Atominstitut der Österreichischen Universitäten”, acoplado a um tubo de raios X de molibdênio (Mo), com filtro de zircônio (Zr), fabricado pela Philips, modelo PW 1316, operado em 25 kV e 30 mA.

A detecção dos raios X foi realizada utilizando o detector semicondutor Si (Li) da marca Canberra, modelo SL 80175, conectado a um pré-amplificador, amplificador, e um analisador de pulso multicanal acoplado a um computador. O tempo de aquisição foi de 300s. As interpretações dos espectros de raios X dos padrões/amostras foram realizadas com auxílio do programa AXIL.

Os valores obtidos para os minerais foram comparados à ingestão máxima tolerável (UL). Este é o valor mais alto de ingestão diária continuada de um nutriente que aparentemente não oferece nenhum efeito adverso à saúde em quase todos os indivíduos de um estágio de vida ou gênero. À medida que a ingestão aumenta além

do UL, o risco potencial de efeitos adversos também aumenta. O UL não está estabelecido para todos os nutrientes (ILSI BRASIL, 2001).

3.2.5. Análise microbiológica da farinha do bagaço da cana de açúcar

3.2.5.1. Contagem de bolores e leveduras

Esta análise foi realizada utilizando-se a técnica de superfície, o meio de cultura PDA (Potato Dextrose Ágar), diluições seriadas de 10^{-1} a 10^{-7} e incubação à 25°C por 3 dias. Os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônias por grama (UFC/g) para bolores e leveduras.

3.2.5.2. Contagem de coliformes totais

Para esta análise utilizou-se o kit Petrifilm ® específico para coliformes, com incubação a 37°C por 24h.

Os resultados da análise microbiológica foram expressos em Número Mais Provável por grama (NMP/g) para coliformes totais.

3.2.6. Aplicação da FBCA em bolo

3.2.6.1. Preparo dos bolos

Para facilitar as análises optou-se pelo preparo de bolos em porções individuais, também denominados *cupcakes*.

Os bolos foram preparados nas dependências da empresa Selmi, na cidade de Sumaré, SP.

Foi feita a mistura dos ingredientes em batedeira (Arno) com capacidade de 1,5L, depois as massas foram distribuídas em forminhas de papel manteiga (40g), que foram levadas ao forno industrial (fogo direto com 20 queimadores de vareta, sendo 11 de lastro e 09 de teto), a 175°C, por aproximadamente dezoito minutos. Após assar, os bolos continuaram em esteiras por alguns minutos, para o resfriamento, passando por uma fonte de luz UV para descontaminação, pelo detector de metais e pelo aspersor de fungicida (à base de álcool de cereais e ácido sórbico a 0,1%). Em seguida foram embalados individualmente em embalagem plástica laminada flexível.

Tabela 5. Ingredientes utilizados nas três formulações de bolo (sem adição da FBCA, fonte e rico).

Ingredientes	Sem adição de FBCA (g)	Fonte de FBCA 3% (g)	Rico em FBCA 6% (g)
Farinha de trigo	1944	1987,92	1771,9
Ovo líquido	1440	1440	1440
Açúcar	1296	1296	1296
Gordura vegetal hidrogenada	1368	1368	1368
FBCA	0	216	432
Bicarbonato de sódio	14,4	14,4	14,4
Fosfato de alumínio	14,4	14,4	14,4
Sal	14,4	14,4	14,4
Baunilha	10,8	10,8	10,8
Propionato de sódio	5,04	5,04	5,04
Sorbato	5,04	5,04	5,04
Açúcar Invertido	576	576	576
Leite integral	180	180	180
Emulsificante	72	72	72
Fécula de mandioca	259,02	0	0
Total	7199,1	7200	7199,98

3.2.7. Caracterização dos bolos

Os bolos foram armazenados à temperatura ambiente em local seco e arejado e foram inicialmente avaliados com relação aos parâmetros atividade de água, umidade, densidade, cor instrumental, contagem de bolores e leveduras e pH. Sendo que as técnicas utilizadas para determinação da atividade de água, umidade, cor instrumental e contagem de bolores e leveduras foram as mesmas já descritas para a FBCA e as demais serão descritas a seguir.

Os bolos ainda foram avaliados durante a estocagem por 42 dias com relação umidade, A_w (técnicas já descritas), ao perfil de textura (TPA) e aceitação sensorial conforme as técnicas descritas a seguir.

3.2.7.1. pH

As análises de pH foram realizadas no potenciômetro de bancada digital da marca Marte, versão 3.0. O eletrodo e o termômetro foram introduzidos no centro geométrico dos bolos.

3.2.7.2. Densidade

A densidade foi calculada utilizando-se o peso da amostra (pedaço do bolo previamente pesado) sobre o volume. Os valores foram expressos em g/mL.

3.2.7.3. Perfil de textura (TPA)

A textura dos bolos foi avaliada através do perfil de textura. As análises foram realizadas utilizando-se o texturômetro de bancada TAXT2 (Stable Micro Systems, UK).

Foram retiradas as extremidades superiores e inferiores dos bolos e cortados cubos de 2,5 cm³. A velocidade de ensaio foi 1 mm.s⁻¹ com uma tensão de 50% da altura do cubo original e intervalos de 5 s entre ciclos de compressão. A compressão foi realizada utilizando um probe de alumínio 75 mm de diâmetro (P/75). Os cubos

foram comprimidos duas vezes para dar o TPA dos três principais parâmetros de textura: dureza, elasticidade e a coesão. Foram utilizadas no mínimo 3 repetições.

As análises de textura dos “bolos” 0, 3 e 6% foram realizadas em cinco pontos, com 1, 8, 22, 36 e 42 dias de estocagem.

3.2.7.4. Aceitação Sensorial

Foi realizado o teste afetivo de aceitação sensorial; as amostras das três formulações foram avaliadas quanto à aceitação global e a aceitação dos atributos: aparência, aroma, sabor e textura, empregando-se uma escala hedônica de nove pontos estruturada entre extremos de desgostei muitíssimo (0) a gostei muitíssimo (9).

Participaram, em média, cinquenta provadores, em cada teste, não treinados, constituídos, na sua maioria, por estudantes dos cursos de graduação e pós-graduação e, também, por docentes, funcionários técnico-administrativos e visitantes da FZEA-USP, sendo em média 67% mulheres e 33% homens e 55% com faixa etária entre 20 e 30 anos e 35% com idade igual ou inferior a 20 anos de idade, consumidores de bolos.

Os testes foram realizados em cabines individuais, climatizadas, sob luz branca no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Engenharia de Alimentos da FZEA-USP.

A cada provador foi entregue uma ficha (Figura 1), contendo as informações para a avaliação sensorial do bolo.

Nessa mesma ficha (Figura 1), questionou-se também o que o provador mais gostou da amostra e o que menos gostou.

As amostras, codificadas com números de três dígitos escolhidos ao acaso, foram servidas em pratos plásticos descartáveis brancos, com garfos de madeira e acompanhadas com um copo de água mineral à temperatura ambiente. A ordem de

apresentação das amostras foi balanceada, segundo Macfie et al (1989) (MAIA, 2007) e cada amostra foi servida monadicamente, utilizando-se ordens alternadas entre os provadores, com delineamento de blocos completos casualizados.

A equipe de aplicação foi responsável pelo controle da análise, transmissão de instrução e orientação geral dos testes, atendendo individualmente cada provador.

Nome: _____ Idade: _____ Data: ____/____/2010 Número: _____

Por favor, avalie as amostras de bolo enriquecido com fibra, utilizando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou, em relação aos atributos APARÊNCIA, AROMA, TEXTURA, SABOR e ACEITAÇÃO GLOBAL.

1- Desgostei muitíssimo	6 - Gostei ligeiramente
2- Desgostei muito	7 – Gostei regularmente
3- Desgostei regularmente	8 – Gostei muito
4- Desgostei ligeiramente	9 – Gostei muitíssimo
5- Indiferente	

Amostra (nº)	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Aceitação global
— — —	_____	_____	_____	_____	_____
— — —	_____	_____	_____	_____	_____
— — —	_____	_____	_____	_____	_____

O que você mais gostou na amostra? _____

O que você mais gostou na amostra? _____

Figura 1 – Modelo de ficha com escala estruturada de 9 pontos utilizada nos ensaios de aceitação sensorial dos bolos.

3.3. Análises estatísticas dos resultados

Os dados obtidos destes testes foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA), para verificar se existe diferença significativa entre as amostras, e teste de médias de Tukey, que avaliaram a diferença significativa entre as médias das notas obtidas por cada amostra. As análises foram feitas ao nível de significância de 5% (STONE & SIDEL, 1993; MEILGAARD et al., 1999).

4. Resultados e Discussões

4.1. Composição Química da FBCA

Para a composição química foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 6.

Pelo método utilizado neste trabalho não foi possível quantificar ou determinar o teor de açúcar na FBCA, isto porque o teor residual de açúcar neste subproduto da indústria sucroalcooleira realmente é baixo, já que o intuito é retirar o máximo de açúcar possível. Além disso, como o material foi primeiramente lavado e depois desidratado a alta temperatura, é possível que o açúcar residual tenha sido lixiviado e/ou caramelizado, o que justifica o resultado obtido, bem como a coloração escura do produto, que será discutida posteriormente. Este resultado diferiu muito dos determinados por Fernandéz et al. (1996), que foram de 9,5 e 12,5 para bagaço de cana raspado e descascado, respectivamente. Tal diferença nos resultados pode ser atribuída à metodologia de extração do caldo da cana e de secagem do bagaço. A FBCA utilizada neste trabalho foi obtida a partir de um resíduo industrial, onde a extração do caldo da cana foi otimizada e a secagem foi realizada em estufa a alta temperatura, enquanto a FBCA utilizada por Fernandéz et al. (1996) foi obtida em planta piloto, portanto sem a preocupação com o rendimento em caldo, e a secagem pode ter sido realizada em temperatura inferior, que todavia não foi especificada no trabalho.

O teor de proteína encontrado situa-se próximo ao citado pelo Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (2005), de 1,5% de proteína em bagaço de cana hidrolisado e também próximo aos valores de 1,9 e 2,0% (cana raspada/descascada) determinados por Fernandéz et al. (1996). Já outros autores encontram valores ligeiramente superiores: 2,32 (CARVALHO et al., 2006); 2,63 (JÚNIOR et al., 2007) e 2,24% (FREITAS et al., 2008). Portanto, é possível inferir que a FBCA não é uma fonte rica em proteína.

A FBCA também não pode ser considerada uma boa fonte de lipídios, pois o valor determinado foi de 0,01%. Este resultado foi similar ao determinado por Carvalho et al. (2006), que foi de 0,07% e Fernandéz et al. (1996): 0,04 e 0,11%

(cana descascada/cana raspada). Todavia, inferior ao reportado no manual da ANFAL (2005), que foi de 1% de gordura. Freitas et al. (2008) encontraram 0,39% de extrato etéreo e (JÚNIOR et al., 2007) encontrou 1,39%.

Tabela 6 – Composição química da FBCA.

Constituinte	Média(%)	DP
Açúcares	ND*	-
Proteína bruta	1,67	± 0,02
Lipídeos	0,01	0
Fibra solúvel	ND*	-
FDN**	81,94	± 0,87
FDA***	50,63	± 0,74
Hemicelulose	31,3	-
Celulose	43,67	-
Lignina	6,95	-
Cinzas	2,66	± 0,04
Umidade	1,37	± 0,79

*Não detectado (Limite de detecção = 0,1 g/100g).

** FDN: Fibra em detergente neutro.

*** FDA: Fibra em detergente ácido.

Já no que diz respeito ao teor de minerais, a FBCA pode ser considerada uma excelente fonte, já que o teor de cinzas determinado foi de 2,66%. No Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (2005) esse valor foi de 5% e para Freitas et al. (2008) este valor foi de 3,4%; já no estudo de Carvalho et al. (2006), o teor de cinzas reportado foi de 1,22%. Ainda, Fernández et al. (1996) relataram valores inferiores: de 0,4 e 0,5% para cana descascada e raspada, respectivamente. As diferenças observadas para este parâmetro podem ser atribuídas às condições do solo onde a cana foi plantada, bem como à variedade utilizada.

O percentual de umidade encontrado no bagaço hidrolisado, segundo o manual da ANFAL (2005) foi de 12%, no atual estudo observou-se uma média de 1,37%. Essa diferença pode ser atribuída ao fato de que o bagaço analisado neste trabalho foi obtido de um resíduo industrial, onde o processo de extração foi

otimizado, e, além disso, a FBCA foi submetida à secagem em alta temperatura. O valor determinado para umidade encontra-se ainda abaixo do limite mínimo, 8%, e máximo, 15%, determinado para farinhas, de acordo com a Resolução RDC nº 263 (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2005). Porém, é importante ressaltar que a FBCA é um produto especial, oriundo de um resíduo industrial, o que dificulta sua inserção em um padrão estabelecido para farinhas produzidas comercialmente.

De acordo como os resultados obtidos neste trabalho, a FBCA não é fonte de fibras solúveis, pois não foi possível determinar este componente em sua composição.

Por outro lado, a FBCA pode ser considerada uma fonte riquíssima de fibras insolúveis. O teor de hemicelulose encontrado (31,3%) foi superior aos reportados em alguns estudos: 20,68 (CARVALHO et al., 2006), 22,22 (FREITAS et al., 2008) e 26% (SANGNARK; NOOMHORM, 2004), porém, foi similar ao determinado por Pires et al. (2004), cujo teor de hemicelulose determinado foi de 31,6%, e ao descrito por Paturau (1969), de 26 a 32%. Essas diferenças podem ser atribuídas à variedade de cana utilizada e ao estágio de maturação no momento da colheita.

Já o teor de celulose obtido foi de 43,67%, bastante superior ao reportado por Carvalho et al. (2006), que foi de 30,30%, e próximo ao relatado por Fernández et al. (1996), que foi de 40,8%, para cana descascada, e de 42,8% para cana raspada. Também foi um pouco próximo ao teor de 45,3%, encontrado por Pires et al. (2004) e de 45% do estudo de Sangnark e Noomhorm (2004). Porém, foi inferior ao teor encontrado por Paturau (1969), 55-58%. Assim como para a maioria dos outros parâmetros, tal diferença nos valores determinados para o conteúdo de celulose deve estar ligada à variedade e ao estágio de maturação no momento da colheita da cana de açúcar.

O teor de lignina encontrado foi de 6,95%, valor próximo a 7,34%, encontrado por Carvalho et al. (2006). Porém outros autores: Júnior et al. (2007), Pires et al. (2004), Paturau (1969) e Sangnark & Noomhorm (2004) encontram valores bem superiores: 13,69; 16,5; 19 a 22 e 19%, respectivamente.

A FBCA também apresentou valores bem superiores de FDN e FDA: 81,94 e 50,63%, respectivamente, em comparação aos estudos de Freitas et al. (2008): 44 e 30,2%. Portanto, diante dos resultados obtidos, pode-se inferir que os teores de fibras do bagaço podem diferir de acordo com vários fatores, principalmente o estágio de maturação e os diferentes genótipos da cana e que, de qualquer forma, a FBCA é um material lignocelulósico, ou seja, é fonte de fibra insolúvel. De acordo com Gould et al., (1989) materiais lignocelulósicos não hidratam bem e, por conseguinte, não se desintegram na massa de pão o que pode alterar as características sensoriais dos produtos de panificação.

Banda & Valdez (1976), estudando o efeito do estágio de maturidade sobre o valor nutritivo da cana-de-açúcar, já haviam observado redução nos componentes da fibra de 61,10% para 54,10% para a fibra insolúvel em detergente neutro, de 37,7 para 33,40% para fibra insolúvel em detergente ácido, de 28,60% para 26,20% para a celulose e de 6,24% para 5,43% para a lignina, quando se analisaram canas com oito e 16 meses de desenvolvimento, respectivamente.

Já os autores Kung, Junior & Stanley (1982), estudando o efeito do estágio de maturação no valor nutritivo da cana-de-açúcar, observaram para cana colhida aos seis e 24 meses, redução de 68,30 para 52,60% para a fibra insolúvel em detergente neutro; de 41,50% para 34,20% para a fibra insolúvel em detergente ácido; de 26,90 para 18,40% para hemicelulose; de 30,90 para 24,50% para celulose, enquanto para a lignina observou-se aumento de 6,3 para 7,3% respectivamente. Oliveira et al. (1996), em estudo com 16 variedades de cana-de-açúcar, observou que a porcentagem de fibra insolúvel em detergente neutro variou de 45,10 a 58,00% e o teor de fibra insolúvel em detergente ácido de 25,9 a 37,50%, na matéria seca.

E Carvalho (1992), verificou em cinco variedades de cana-de-açúcar que a concentração máxima de fibra insolúvel em detergente neutro ocorria próximo dos 241 dias de vegetação, havendo redução no teor, à medida que avançava a idade de corte além daquela idade.

Os estudos realizados por Andrade et al. (2004) mostraram que para os teores de carboidratos totais não estruturais, fibra insolúvel em detergente neutro,

fibra insolúvel em detergente ácido, celulose, hemicelulose e lignina houve diferença entre as idades de 12 e 18 meses, com tendência a ser maior na segunda idade na maioria dos genótipos, exceto para os teores de carboidratos totais não estruturais.

Ainda, de acordo com o Manual da Eletrobrás (1983), o teor de fibras é muito variável, segundo o processo de colheita, manual ou mecanizado, tipo de solo, mais ou menos aderente aos colmos quando empilhados e, finalmente, os cuidados durante a lavagem da cana na destilaria/usina.

Em comparação com a fibra ou farelo de trigo, a FBCA apresentou maior percentual de lignina: 6,95, em comparação a 3,51 apresentado por Casali et al. (2009), 4,00 por Zambom et al. (2001) e 4,55 por Nunes et al. (2001).

Em relação ao teor de proteína bruta, o farelo de trigo tem uma quantidade maior, segundo Casali et al. (2009): 15,30 e Generoso et al. (2008): 15,12%, contra 1,67% do bagaço da cana.

A FBCA também teve valores superiores de FDN e FDA em relação ao teor encontrado nos estudos de Casali et al. (2009): 45,64 e 12,26, Generoso et al. (2008): 38,28 e 12,8, Nunes et al. (2001): 37,62 e 13,15 e , Zambom et al. (2001): 45,9 e 11,49 para farelo de trigo.

Uma vez que, esses valores – FDN e FDA - são superiores, pode-se inferir que a FBCA pode ser um substituto da fibra de farelo de trigo na indústria alimentícia, com teores superiores em fibra insolúvel, agregando aos alimentos um valor nutricional superior aos alimentos com fibra de farelo de trigo.

4.2. Análise da Atividade de Água e da Cor Instrumental da FBCA

Na Tabela 7 foram expressos os valores de atividade de água e cor instrumental da FBCA. Foi determinado o valor médio de 0,28 de atividade de água na FBCA. O valor mensurado demonstra que a FBCA está livre da multiplicação de microrganismos, já que estes precisam de ao menos 0,6 de atividade de água para se desenvolverem.

Quanto à cor, foi observada tendência para amarelo e vermelho, com predominância de alta luminosidade. Estes resultados estão condizentes, já que o produto foi aquecido à alta temperatura, tornando-se, portanto, amarelado.

Tabela 7 – Análise da atividade de água e cor instrumental da FBCA.

Análise	Média ± Desvio padrão
Aw	0,28 ± 0,003
L*	67,18 ± 0,18
a*	2,31 ± 0,12
b*	14,85 ± 0,39

4.3. Análise de Tamanho e Distribuição de Partículas da FBCA

A Tabela 8 retrata a análise de tamanho e distribuição de partículas presentes na FBCA.

Tabela 8 – Tamanho e distribuição de partículas da FBCA.

Diâmetro (µm)	%	Distribuição
0,20	9,68	
21-40	18,54	28,22
41-60	15,03	43,26
61-80	17,53	60,79
81-100	30,84	91,62
101-120	8,38	100,00

De acordo com os resultados obtidos quanto ao tamanho e distribuição das partículas da FBCA, verificou-se que cerca de 60% delas estão na faixa abaixo de 80µm. De acordo com Imai et al. (1999), o *threshold* para detecção da partícula na boca varia entre 10 e 50 µm, embora esses valores sejam maiores, quanto mais circular for a partícula. Assim, e em função dos resultados obtidos, é possível que algumas partículas da FBCA sejam detectáveis na boca e causem efeito indesejável na textura do alimento onde for incorporada, por causar sensação de “arenosidade”

ou de aspereza.

No que diz respeito à saúde, o interesse no tamanho de partícula situa-se no reconhecimento de que ele controla uma série de eventos que ocorrem no trato digestivo, tais como tempo de trânsito, fermentação e excreção fecal (GUILLON & CHAMP; GUILLON, 2000)

Sangnark & Noomhorm (2003) avaliaram a aceitação sensorial de pães adicionados com fibra do bagaço da cana tratada com peróxido de hidrogênio alcalino (AHP) e pães adicionados de uma fibra dietética comercial da Tailândia (Solka Flocos 900), verificou-se aceitação maior dos produtos, quando estes continham fibras cujas partículas não excediam o diâmetro de 0,075 e 0,106 mm, respectivamente. Selecionou-se neste estudo, como fibra dietética, apenas as partículas do bagaço da cana que continham diâmetro inferior a 0,075mm (75 μ m).

Entretanto, para Pyler (1988), granulometria extremamente fina de uma farinha de trigo não é sinônimo de qualidade. Teores elevados dessas partículas nas misturas podem prejudicar a estrutura interna (miolo) de produtos de panificação, tornando-a úmida e gomosa.

Como cerca de 39% das partículas da FBCA tem diâmetro superior ou igual a 81 μ m, é possível que sua incorporação em alimentos influencie a textura destes e, cause sensação desagradável na boca. Este resultado pode limitar as possibilidades de aplicação da FBCA, daí a necessidade da aplicação para se confirmar ou não esta possibilidade.

4.4. Análise de Minerais da FBCA

A composição média, o desvio padrão e o limite de detecção de minerais presentes na FBCA foram expressos na Tabela 9. Verificou-se ainda, os valores da ingestão máxima recomendada (UL) e da Ingestão Diária Recomendada (RDA) e também a percentagem da RDA, de cada mineral, em 6g da FBCA ou em 100g do bolo rico em FBCA.

Tabela 9 – Composição média de minerais presentes na FBCA, limite de quantificação da metodologia utilizada (LD) em mg/L, nível de Ingestão Máxima Tolerável (UL), RDA e porcentagem do RDA em 6g da farinha.

Análise	Media (mg/Kg) ± Desvio Padrão	LD (mg/L) amostra	UL *	RDA**	%RDA em 6g de FBCA ou 100g do bolo rico
Potássio (K)	1054 ± 55,5	29,8	-	4,7g ^a	0,12
Cálcio (Ca)	597 ± 32,6	23,4	2500 mg/d	1000mg/d	0,36
Cromo (Cr)	52 ± 7,4	6,9	ND	25 – 35µg	1248 – 890
Manganês (Mn)	97 ± 6,0	4,6	11 mg/d	1,8 – 2,3mg	32 – 25,4
Ferro (Fe)	9500 ± 200	3,8	45 mg/dia	18 – 8mg	317 – 713
Níquel (Ni)	< LD	2,1	1,0 mg/d	ND	ND
Cobre (Cu)	5,2 ± 0,76	1,7	10.000 µg/d	900µg	0,02
Zinco (Zn)	11,8 ± 1,1	1,3	40 mg/d	8 – 11mg	0,9 – 0,74
Arsênio (As)	< LD	1,1	ND	ND	ND
Titânio (Ti)	1100 ± 30	15,3	-	-	-
Selênio (Se)	< LD	1,3	400 µg/d	55µg	ND
Bromo (Br)	< LD	1,5	-	-	-
Rubídio (Rb)	2,5 ± 1,5	2,2	-	-	-
Vanádio (V)	< LD	10	1,8 mg/d	ND	ND
Escândio (Sc)	< LD	22	-	-	-
Cobalto (Co)	< LD	2,6	-	-	-
Germânio (Ge)	< LD	1,1	-	-	-
Estrôncio (Sr)	4,3 ± 1,3	2,7	-	-	-

ND: Não determinado.

LD: Limite de detecção.

* Valores de referência relativos à ingestão máxima tolerável para adultos acima de 19 anos. DOLINSKY (2008).

** Valores de referência relativos à ingestão diária recomendada para mulheres e homens, respectivamente (valores da esquerda referentes a mulheres e à direita, referente ao homens), de 19 a 50 anos. DOLINSKY (2008).

^a Institute of Medicine, 2004.

Pelo método utilizado a concentração de potássio determinada foi de $1054 \pm 55,5$ mg/Kg do bagaço. A ingestão de cem gramas do bolo ou 6g da FBCA corresponde a 0,12% da ingestão adequada para este mineral. No estudo de Paula et al. (2009), este mineral foi o terceiro mais abundante com 6,146% de óxido de potássio (K_2O) presente nas cinzas da FBCA. Já para Valenciano & Freire (2004), que estudaram o conteúdo de cinzas da FBCA, para possível utilização na fabricação de materiais alternativos da construção civil, o valor de potássio foi de apenas 0,46% e para FERNANDEZ et al. (1996) este valor para cana descascada foi de: 1379,2 mg/Kg e para cana raspada: 317,5 mg/Kg. Nota-se que o valor para cana descascada foi bem próximo ao valor encontrado neste estudo.

Foi determinado o valor de $597 \pm 32,6$ mg/Kg de cálcio na amostra analisada. Comparando com a UL, nota-se que o valor do mineral quantificado na amostra é aproximadamente quatro vezes inferior à ingestão máxima tolerada (2500 mg/dia) em um quilograma da ingestão da FBCA. Infere-se, portanto, ser improvável a toxicidade pelo cálcio, pois seria necessária a ingestão de quatro quilogramas da FBCA por dia. A ingestão de 6g da farinha do bagaço da cana ou 100 g do bolo rico em fibra corresponde a 0,36% da ingestão diária recomendada para cálcio.

Nos estudos de Paula et al. (2009), foram encontrados 1,183% de óxido de cálcio. No estudo de Valenciano & Freire (2004), este valor foi de 0,25% na massa do bagaço. De acordo com Fernández et al. (1996), o teor de cálcio obtido foi de 1.605,4 e 2.412,2 mg/Kg para a cana raspada e descascada, respectivamente, portanto superior ao do presente trabalho. Já em Freitas et al., (2008), foi reportado o valor de 1,9g/Kg de cálcio.

O cálcio é o mineral mais abundante no organismo, aproximadamente 99% do cálcio está nos ossos e dentes (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2002). Além dessa função na construção e manutenção de ossos e dentes, atua também na função dos hormônios protéicos e na liberação ou ativação das enzimas intra e extracelulares; auxilia na transferência de íons através das membranas celulares e na coagulação sanguínea ao estimular a liberação de tromboplastina das plaquetas do sangue, além de atuar na liberação de neurotransmissores das junções sinápticas e regular os batimentos cardíacos (SILVA; MURA, 2007).

Na amostra analisada foram observadas concentrações médias de 52 mg/Kg do mineral cromo. Sendo a ingestão diária recomendada (RDA) de 25 a 45 µg, é preciso aproximadamente 0,5g do consumo da FBCA para ingerir cem por cento da RDA. Uma vez que, em 100g da amostra obtém-se mais de 30% da RDA, este produto pode ser considerado rico ou com alto teor de cromo. Não foi determinado o nível de ingestão máxima recomendada para esse mineral, segundo Dolinsky (2008). Paula et al. (2009), determinaram 0,094% de óxido de cromo (Cr₂O₃) na cinza do bagaço da cana e Valenciano & Freire (2004), 32 ppm. Este mineral está relacionado com o metabolismo da glicose, como possível cofator da insulina, componente do fator de tolerância à glicose, que constitui complexo contendo Cromo III em associação com os aminoácidos: glicina, cisteína e ácido glutâmico (FRANCO, 1999). Outro possível papel está na regulação da expressão genética (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2002). É provável que a ingestão freqüente do bolo rico em FBCA, feito com adoçante, possa ser ingerido por diabéticos para o controle glicêmico.

A concentração média de manganês encontrada foi de 97 ± 6,0 mg/Kg. O consumo de 6g da FBCA corresponde a 32 e 25,4% da RDA para mulheres e homens, respectivamente. No trabalho de Paula et al. (2009), foi encontrado 0,0815% de óxido de manganês (MnO), portanto, valor bastante próximo ao determinado no presente estudo. O manganês é um elemento essencial para o metabolismo do colesterol, crescimento corpóreo e reprodução; exerce papel na síntese e ativação de protrombina na presença de vitamina K; intervindo indiretamente na condrogênese e osteogênese; relacionado com o metabolismo da arginase, relacionada com a formação de uréia (FRANCO, 1999).

A concentração média do micromineral cobre quantificada na amostra foi de aproximadamente 5,2 mg/Kg. O valor de ingestão máxima recomendada diariamente, segundo a FAO (2004), é de 10.000 µg, isto é, 10 mg diárias. Seria necessário o consumo de dois quilogramas por dia da FBCA para atingir o consumo máximo tolerável. Nos trabalhos de Valenciano e Freire (2004) e de Fernández et al. (1996), os valores encontrados foram, respectivamente, 23 ppm e 5,3/5,5 mg/Kg (cana descascada/cana raspada), sendo estes últimos valores muito próximos ao obtido no presente estudo. O cobre é um microelemento essencial para diversas

funções orgânicas, componente de muitas enzimas, por exemplo, a superóxido dismutase que protege contra agentes oxidantes e radicais livres; promove a síntese de melanina e catecolaminas, responsável pela mobilização do ferro para a síntese de hemoglobina; envolvido na produção de colágeno e elastina e na produção mitocondrial de energia (MAHAN & ESCOTT-STUMP, 2002).

A quantidade de zinco foi de $11,8 \pm 1,1$ mg/Kg. Valores próximos foram encontrados por Fernández et al. (1996): 14,2 e 14,6 mg/Kg, respectivamente, para cana descascada e para cana raspada. Paula et al. (2009) determinaram 0,037% de óxido de zinco (ZnO). Consumir dois pedaços de bolo (de 100g) rico em FBCA corresponde, portanto, a 0,9 e 0,74% das necessidades diárias de zinco para mulheres e homens, respectivamente. O zinco participa de reações que envolve a síntese ou a degradação de metabólitos maiores, tais como carboidratos, lipídeos, proteínas e ácidos nucleicos. Também está envolvido na estabilização de estruturas de proteínas e ácidos nucleicos e na integridade de organelas subnucleares, assim como nos processos de transporte, função imunológica e expressão da informação genética (MAHAN & ESCOTT-STUMP, 2002). É o mineral essencial para a função de mais de trezentas enzimas em muitas espécies e constituinte estrutural em proteínas não enzimáticas. Também é importante para a integridade estrutural da enzima antioxidante superóxido dismutase (Cu, Zn-SOD) (SILVA & MURA, 2007).

Pelo método utilizado neste trabalho, não foi possível quantificar ou determinar o teor dos minerais: níquel, arsênio, vanádio, selênio, bromo, escândio, cobalto e germânio na FBCA, pois seus teores ficaram abaixo do limite de detecção (LD) da técnica empregada, ou porque não estavam presentes na amostra. Em conformidade com esse estudo, Fernández et al. (1996), também não quantificaram esses minerais. Todavia, nos estudos de Valenciano e Freire (2004), dentre os minerais citados, apenas o níquel foi encontrado na proporção de 5 ppm. Já nos estudos de Paula et al. (2009) foram encontrados 0,029% de V_2O_5 (óxido de vanádio) e 0,04% de Sc_2O_3 (óxido de escândio).

Os valores quantificados na amostra para titânio, rubídio e estrôncio, foram respectivamente: 1100 ± 30 ; $2,5 \pm 1,5$ e $4,3 \pm 1,3$ mg/Kg. O estrôncio é um elemento-traço cuja função fisiológica é similar à do cálcio, pois atua no

endurecimento de ossos e dentes. Seu armazenamento é no esqueleto ósseo e sua toxicidade é desconhecida (FRANCO, 1999). Apenas PAULA et al. (2009) determinaram a porcentagem de 1,162 de óxido de titânio nas cinzas do bagaço da cana. Para esses minerais não foram determinados UL e RDA.

A concentração de ferro na amostra foi elevada, de 9500 ± 200 mg/Kg. Ingerir 6g da FBCA, corresponde a um consumo acima da Ingestão Máxima Tolerável (UL). Porém são necessários mais estudos, para avaliar a biodisponibilidade deste mineral na amostra da FBCA.

Paula et al. (2009) encontraram 6,537% de óxido (Fe_2O_3) na amostra de cinza de bagaço da cana. Já Fernández et al. (1996): 67,3 e 67,8 mg/Kg de ferro para bagaço de cana descascada e cana raspada, respectivamente.

No corpo humano o ferro é componente da hemoglobina, mioglobina, dos citocromos, catalase, peroxidase e outras enzimas, portanto ele é importantíssimo para as funções de transporte de oxigênio e respiração celular. Uma porção de bolo ou da farinha do bagaço poderá ajudar no combate a anemia ferropriva, que é um problema de saúde pública de importância primária, causando poucas mortes, mas contribuindo para a fraqueza, saúde ruim, e sub-padrões de desempenho de milhões de pessoas (adaptado do MANUAL DAS NECESSIDADES NUTRICIONAIS HUMANAS, 2004).

De acordo com Paranhos (1987), durante a operação de corte-carregamento, uma quantidade de impurezas – mineral e orgânica: (terra, palha, etc) – é carregada com a cana-de-açúcar. Esse teor de impurezas é aumentado, principalmente no período chuvoso. Essas impurezas, além de afetarem a qualidade da cana, causam desgastes em equipamentos, influem no processamento e na qualidade do açúcar produzido. Sendo assim, é necessário submeter à cana a uma lavagem a fim de eliminar, principalmente, as impurezas minerais. Por conseguinte, conclui-se que o alto valor de ferro na FBCA, pode ser oriundo de uma possível contaminação por terra, o que um indicativo de condições inadequadas no seu processamento. Porém, sabe-se que outros fatores podem ter influenciado, como as condições de adubação do solo e variedade da cana utilizada.

4.5. Análises Microbiológicas da FBCA

Na Tabela 10 foram expressos os valores obtidos para contagem total de bolores e leveduras e coliformes totais.

Por tratar-se de um produto novo, não há padrão microbiológico estabelecido pela legislação brasileira para FBCA. Assim, optou-se por comparar os resultados obtidos com os padrões estabelecidos para farinha, amido, féculas e fubás, por serem produtos fisicamente parecidos com a FBCA.

A FBCA estava com alta contaminação de bolores e leveduras, tanto que sua contagem excedeu um pouco o limite tolerável estipulado na legislação brasileira (BRASIL, 1997) para a categoria de amido, farinhas, féculas e fubá, conforme os resultados expressos na Tabela 10.

Este resultado sugere que houve deficiência em alguma das etapas de processamento da FBCA, e/ou recontaminação após a secagem, pois, de um modo geral, a FBCA não apresentou qualidade microbiológica satisfatória.

A quantidade de coliformes totais indica limpeza e desinfecção inadequada, provavelmente, relacionada ao transporte, moagem, trituração, embalagem e/ou manipulação incorreta; ou recontaminação após a secagem, durante a embalagem, por exemplo. Uma análise mais aprofundada dessas fases seria o mais indicado, para que se estabeleça um rigoroso controle de qualidade sobre a matéria-prima, equipamentos, transporte, processamento, embalagem e sobre a armazenagem do alimento, para que este atenda todos os parâmetros exigidos pela legislação vigente.

No trabalho realizado por Tasca & Moura (2009), foram avaliadas amostras de farinha de trigo comercializadas em Cascavel – PR. Os valores encontrados para fungos filamentosos e leveduras também excederam os padrões aceitáveis pela legislação do Ministério da Saúde (10^3 UFC/g) (ANVISA, 1978). Para esses autores o alto nível de contaminação por bolores e leveduras poderia ser atribuído a diversos fatores como, eventuais deficiências no processamento e na manipulação e, ainda, durante a estocagem.

Para Jay (1992), a microbiota do trigo e grãos de cereais está constituída pelos microrganismos do solo, do ambiente e dos locais onde se armazenam estes grãos. Para a FBCA, deve-se inferir o mesmo e, o descuido com a higiene na manipulação talvez seja ainda maior, pois a sua principal forma de utilização é como fonte de energia em caldeiras e como ingrediente de ração bovina e canina.

Para Granada et al. (2003), que estudaram 35 unidades de granolas comerciais, foram encontradas quantidades entre 12×10^4 a 33×10^6 UFC/g de bolores e leveduras. Para estes autores, essa alta contagem pode ter sido favorecida pela faixa de pH dos produtos, diversidade de ingredientes e pela produção artesanal desses produtos.

Quando Andrade et al. (2008), avaliaram os caldos de toletes de cana de açúcar, minimamente processados, armazenados à temperatura ambiente, notou-se também uma elevada contaminação por bolores e leveduras desse caldo, porém esperada; segundo Gallo (1989), as leveduras encontraram na cana-de-açúcar um substrato ótimo para seu crescimento, além disso, a temperatura ambiente é bastante propícia para seu desenvolvimento. Contudo, quando os toletes foram armazenados a 4°C, a vida útil para uso do caldo passou a ser bem maior, de aproximadamente dezoito dias.

Na cidade de Salvador em 1992, foi realizado um estudo microbiológico onde se avaliou 37 amostras de farelo de trigo de origens diferentes: estabelecimentos comerciais, moinhos e creches que consumiam o produto. Constatou-se a presença de bolores em níveis variando de 1×10^1 a $2,6 \times 10^7$ UFC/g, com aproximadamente 48,27% das amostras evidenciando níveis superiores a 10^3 UFC/g. Foi detectada a presença de leveduras em número variando de 1×10^4 a $8,6 \times 10^6$ UFC/g nas amostras coletadas no comércio. Para coliformes totais o resultado variou de 0 a 24 NMP/g (ALMEIDA et al., 1992).

Tabela 10 – Contagens de bolores e leveduras e de coliformes totais na FBCA.

Técnica	Contagem	Limite Tolerável (BRASIL, 1997)
Coliformes totais (NMP/g)	2×10^2	-
Bolores e leveduras (UFC/g)	$2,97 \times 10^5$	10^4^*

UFC/g – Unidades formadoras de colônia por grama.

NMP/g – Número mais provável por grama.

* valores para amido, farinha, féculas e fubá.

4.6. Incorporação da FBCA em bolo e avaliação da cor instrumental

Os teores de FBCA incorporados nos bolos, um pouco mais de 3 e 6%, de acordo com a Informação Nutricional Complementar (INC), segundo a ANVISA (2010), portaria nº 27/1998 e Informe Técnico nº 27 /2008, a ROTULAGEM NUTRICIONAL OBRIGATÓRIA (2001), e de acordo com o teor de fibra determinado na FBCA, conferem a estes produtos a possibilidade de serem rotulados como Alimento “Fonte de Fibra”, aquele com no mínimo de 3% de fibra e alimento com “Alto Teor de Fibra” ou “Rico em Fibra”, com mínimo de 6% de fibra no produto.

Os bolos elaborados apresentaram o aspecto retratado na Figura 2.

Pela imagem do miolo, verifica-se que o bolo contendo 6% de fibra ficou ligeiramente mais escuro que aquele com 3%, que por sua vez ficou um pouco mais escuro que o bolo puro, ou padrão. Portanto, é possível inferir que a incorporação da FBCA na massa do bolo promoveu um pequeno escurecimento no miolo do produto final. Este resultado foi corroborado pelos resultados obtidos para os parâmetros de cor, apresentados na Tabela 11.

De fato, quanto maior a intensidade de fibra na massa menor o valor de L^* (luminosidade) no miolo, ou seja, mais escuro ele ficou. O mesmo ocorreu com o parâmetro a^* , que varia do verde (-) ao vermelho (+), quanto maior a intensidade de

fibra na massa, mais ele tendeu para o positivo, ou seja, para o vermelho. Como a FBCA era relativamente escura, possivelmente em função do processo de caramelização e da presença de pigmentos naturais que permaneceram no produto, sua presença promoveu o escurecimento da massa, que foi maior quanto maior sua concentração. Baixauli et al. (2008) observaram efeito contrário em muffins preparados com diferentes níveis de amido resistente. Segundo estes autores, quanto maior a concentração do amido resistente na massa, menor o parâmetro a, ou seja, menos a cor tendeu para o vermelho, devido ao efeito de diluição promovido pelo amido, que é branco.

Figura 2 – Imagem dos bolos cortados contendo 0, 3 e 6% da FBCA, respectivamente.

TABELA 11 – Influência da incorporação de FBCA na cor instrumental da casca e miolo dos três bolos.

Parâmetro	Controle	Bolo 3%	Bolo 6%
CASCA			
L*	43,73±2,34	48,89±6,26	45,58±10,35
a*	16,45±0,40	11,13±3,17	10,14±1,65
b*	28,17±1,98	28,41±0,59	28,07±3,77
MIOLO			
L*	58,11±4,53	51,28±10,19	47,74±5,80
a*	0,85±0,27	2,04±0,28	2,91±0,41
b*	19,89±0,67	19,53±2,21	19,29±2,18

O parâmetro b*, tanto para a casca, quanto para miolo, tendeu para amarelo, quando se adicionou a fibra, mas manteve seus valores constantes, comparando os bolos 3 e 6%.

4.7. Análises físico-químicas nos bolos recém-preparados

Os resultados das análises físico-químicas das amostras de bolo encontram-se na Tabela 12.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 12, quanto maior o teor de fibra na amostra, maior seu valor de densidade, ou menor a incorporação de ar. Tal resultado era esperado, porque a FBCA substitui fécula de mandioca e, em menor proporção, farinha de trigo na formulação, que tem capacidade de gelatinizar e de formar o glúten, respectivamente, processos que contribuem para a retenção do ar na amostra, especialmente o último, o que explica a maior densidade das amostras contendo a FBCA. De acordo com Pyler (1988), valores de densidade altos (por exemplo, na formulação com 45% de farinha de aveia) provocam a formação de miolo fechado, massudo e de mau aspecto.

Com relação à A_w , os bolos apresentaram valores muito próximos, em uma faixa intermediária, onde há o risco de multiplicação de bolores, daí a importância dos conservadores (propionato e sorbato) que foram empregados, além da embalagem inviolada, para garantir a vida de prateleira estendida. Os valores obtidos neste trabalho foram inferiores aos obtidos por Osawa et al. (2009), que variaram de 0,9 a 0,8, quando estes autores estudaram a produção de bolos de chocolate recobertos com coberturas comestíveis. Tais diferenças podem ser atribuídas às formulações, temperaturas de processo e embalagens muito distintas.

Os bolos apresentaram em torno de 15% de umidade. Curiosamente, as amostras produzidas com a incorporação da FBCA retiveram um pouco mais de água. Este resultado não era esperado, já que é sabido que as fibras insolúveis, que estão presentes em alta concentração na FBCA, não são capazes de reter água e que estas substituíram a fécula e parte da farinha de trigo, que são ricas em amido, que tem essa capacidade.

No que diz respeito ao pH, as amostras contendo a FBCA apresentaram valores significativamente menores, possivelmente porque tinham um pouco menos farinha de trigo em sua composição, ingrediente onde o efeito tamponante das proteínas é importante. Todavia, a diferença apresentada não é muito significativa do ponto de vista tecnológico.

Não houve diferença significativa entre as amostras contendo a FBCA, com relação aos parâmetros densidade, umidade, A_w e pH. Estes resultados indicam que é possível produzir bolos fonte e rico em fibras com características tecnológicas similares.

Tabela 12 – Resultados das análises físico-químicas realizadas nos bolos recém-produzidos.

Amostra	Densidade (g/mL)	Umidade (%)	Aw	pH
Bolo	0,30±0,03 ^b	14,70±0,41 ^b	0,77±0 ^b	6,65 ± 0,23 ^a
Bolo com 3%	0,39±0,03 ^a	15,93± 0,28 ^a	0,79±0 ^a	5,55 ± 0,05 ^b
Bolo com 6%	0,41±0,01 ^a	15,33±0,26 ^{a,b}	0,79±0 ^a	5,48 ± 0,09 ^b

*Médias marcadas com letras iguais numa mesma coluna não diferem estatisticamente ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

N=3

4.8. Avaliação microbiológica nos bolos recém-preparados e após 42 dias de estocagem

Na Tabela 13 foram expressos os valores das contagens de bolores e leveduras para os bolos recém-preparados e após 42 dias de estocagem. De acordo com Franco & Landgraf (1996), a contagem de bolores e leveduras é um indicador geral de contaminação dos alimentos, ou seja, são grupos de microrganismos que, quando presentes em números elevados nos alimentos e tiverem condições de se multiplicar nestes, poderão causar a deterioração e/ou redução da vida de prateleira.

Como os bolos apresentaram atividade de água intermediária (Tabela 12), estavam sujeitos à multiplicação de bolores em sua superfície. Para evitar este tipo de deterioração os bolos produzidos neste trabalho apresentavam o conservador sorbato na massa e propionato na superfície, todavia, ainda assim apresentaram contagens relativamente altas. Tais contagens podem ser atribuídas a recontaminação pelo ar após o forneamento, já que os produtos, antes de serem embalados, ficavam expostos ao ambiente, por alguns minutos, para resfriarem.

A RDC nº 12 de 2001 (BRASIL, 2001) não faz referência a um limite para contagens de bolores e leveduras para a categoria de bolos.

Após 42 dias de estocagem apenas no bolo controle foi determinado aumento de um ciclo logarítmico na contagem de bolores e leveduras, nos bolos com FBCA a houve redução de um ciclo.

Tabela 13- Contagem de bolores e leveduras (UFC/g) nos bolos recém-preparados e após 42 dias de estocagem.

Amostra	Tempo de armazenagem (dias)	
	1	42
Bolo sem FBCA	$5,7 \times 10^3$	$4,16 \times 10^4$
Bolo com 3% de FBCA	$3,4 \times 10^4$	$2,3 \times 10^2$
Bolo com 6% de FBCA	$3,9 \times 10^4$	$7,16 \times 10^3$

4.9. Análises físico-químicas nos bolos ao longo da estocagem

Os resultados obtidos para o teor de umidade das amostras durante o armazenamento foram expressos na Tabela 14. Verifica-se que não houve uma tendência clara de redução do teor de umidade para nenhuma das amostras ao longo da estocagem, o que implicaria em perda de peso e afetaria os atributos sensoriais, em especial a textura. Este resultado pode ser explicado pelo fato de que foram utilizadas embalagens laminadas, que são impermeáveis, portanto não permitem a passagem de vapor d'água, logo não há possibilidade de troca com o meio ambiente e também a reduzida retrogradação do amido durante o período de estocagem estudado, pois este processo levaria a expulsão da água do interior do produto.

De maneira geral as amostras contendo FBCA apresentaram um teor de água ligeiramente superior ao controle.

Tabela 14 - Avaliação da **umidade** dos bolos ao longo do período de estocagem.

Amostra	Tempo de armazenagem (dias)				
	1	8	22	36	42
Bolo	14,70±0,41 ^{b,A,B}	12,00±0,3 ^{b,C}	12,40±0,45 ^{c,C}	15,55±1,94 ^{a,A}	12,95±0,27 ^{c,B} _{,C}
Bolo 3%	15,93 ± 0,28 ^{a,A}	14,03±0,58 ^{a, B}	14,62±0,47 ^{b, A, B}	14,53±1,15 ^{a,A,B}	13,89±0,4 ^{b,B}
Bolo 6%	15,33 ± 0,26 ^{a,b,B}	15,52±1,01 ^{a,B}	16,42±0,19 ^{a,A,B}	17,23±0,14 ^{a,A}	15,19±0,34 ^{a,B}

^{a,b} Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença entre os tratamentos;

^{A,B} Letras diferentes na mesma linha indicam diferença entre os tempos;

N=3

Os resultados obtidos para a Aw das amostras durante o armazenamento foram expressos na Tabela 15. Para este parâmetro observou-se o mesmo comportamento já discutido para o teor de umidade.

A textura é uma das principais características de produtos de panificação que pode ser afetada com a adição de fibra. Isso pode ser determinado através de métodos sensoriais ou instrumentais. Métodos instrumentais oferecem algumas vantagens a mais que as análises sensoriais por que eles são rápidos e objetivos (Baixauli et al., 2007). Na Tabela 16 foram apresentados os resultados para **dureza** instrumental das amostras.

Com relação ao parâmetro dureza, embora se verifique uma tendência de se considerar as amostras contendo a FBCA mais duras, como era de se esperar, esta tendência não se confirmou estatisticamente em três dos cinco pontos analisados, provavelmente porque os valores de desvio padrão foram altos em alguns pontos. Como as amostras produzidas com a adição de FBCA foram mais densas (Tabela 12), provavelmente apresentaram menos bolsões de ar o que aumenta a força necessária para comprimi-las. Os resultados obtidos para dureza foram similares aos relatados no estudo de Grigelmo-Miguel et al. (2001), onde a adição de fibra de pêssgo em formulações de *muffins* resultou em aumento nos valores da dureza.

Tabela 15 - Avaliação da **A_w** dos bolos ao longo do período de estocagem.

Amostra	Tempo de armazenagem (dias)				
	1	8	22	36	42
Bolo	$0,77 \pm 0^{b,A}$	$0,73 \pm 0,03^{b,A}$	$0,73 \pm 0^{c,A}$	$0,76 \pm 0,02^{b,A}$	$0,73 \pm 0,01^{b,A}$
Bolo 3%	$0,79 \pm 0^{a,A}$	$0,76 \pm 0,01^{a,b,B}$	$0,79 \pm 0,31^{b,A}$	$0,77 \pm 0,01^{b,A,B}$	$0,75 \pm 0,01^{a,b,B}$
Bolo 6%	$0,79 \pm 0^{a,B}$	$0,79 \pm 0,02^{a,B}$	$0,82 \pm 0^{a,A}$	$0,82 \pm 0^{a,A}$	$0,78 \pm 0,01^{a,B}$

^{a,b} Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença entre os tratamentos;

^{A,B} Letras diferentes na mesma linha indicam diferença entre os tempos;

N=3

Comparando-se as amostras contendo 3 e 6% de FBCA, também se observa uma tendência numérica, onde se poderia considerar as amostras contendo mais FBCA, com 6%, mais duras. Todavia, esta tendência não se confirmou estatisticamente em nenhum dos pontos analisados, assim como não se verificou diferença de densidade entre estas amostras (Tabela 12).

Avaliando as amostras ao longo do período de estocagem verifica-se que não houve uma tendência clara de endurecimento. Tal resultado pode ser atribuído à presença da embalagem laminada, que funcionou como barreira impermeável, não permitindo a perda de umidade dos bolos e que o efeito da retrogradação do amido também não foi pronunciado durante os 42 dias de estocagem. Este resultado diferiu totalmente do obtido por Osawa et al. (2009), que utilizaram biofilmes como embalagens para bolos e verificaram o dobro da dureza com 10 dias de estocagem. Portanto, esta comparação comprova a eficiência da embalagem impermeável na manutenção da umidade e paralelamente da maciez do produto.

Tabela 16 - Avaliação da **dureza** (kgf) dos bolos ao longo do período de estocagem.

Amostra	Tempo de armazenagem (dias)				
	1	8	22	36	42
Bolo	1262,9 ± 398,8 ^{a, A}	881,3 ± 80,4 ^{a, A}	829,1 ± 71,88 ^{b, A}	988,3 ± 123,58 ^{b, A}	828,4 ± 92,38 ^{a, A}
Bolo 3%	1489,6 ± 99,3 ^{a, A}	1060,8 ± 58,4 ^{a, B}	1065,8 ± 75,5 ^{a, b, B}	1109,3 ± 36,86 ^{a, b, B}	949,2 ± 247,82 ^{a, B}
Bolo 6%	1416,9 ± 459,8 ^{a, A}	1478,8 ± 441,7 ^{a, A}	1937,5 ± 728,6 ^{a, A}	1478,8 ± 256,7 ^{a, A}	1126,6 ± 145,73 ^{a, A}

^{a, b} Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença entre os tratamentos;

^{A, B} Letras diferentes na mesma linha indicam diferença entre os tempos;

N=4

Os resultados obtidos para o parâmetro **coesividade** foram expressos na Tabela 17. Verifica-se que as amostras contendo a FBCA foram menos coesas do que o controle com 22 e 36 dias de estocagem, nos demais pontos não houve diferença significativa. Tais resultados indicam que a incorporação de FBCA torna os bolos ligeiramente mais propensos à desintegração, todavia, as duas concentrações analisadas não diferiram significativamente em nenhum ponto, assim, é possível produzir bolo fonte e rico em fibra com a mesma coesão. A coesividade dos bolos adicionados de FBCA não mudou durante o tempo de armazenamento.

Os resultados obtidos para o parâmetro coesividade foram inferiores aos relatados no estudo de Grigelmo-Miguel et al. (2001), que variaram de 0,45 a 0,5, para *muffins* elaborados com adição de diferentes concentrações de fibra de pêssego e também aos relatados por Gómez et al. (2010), que variaram de 0,70 a 0,58, para bolos elaborados com adição de farelo de trigo, farelo de aveia e celulose microcristalina em diferentes concentrações. Todavia não é possível afirmar que a adição de FBCA resulta em bolos menos coesos do que aqueles preparados com a adição de fibra de pêssego, farelo de trigo, de aveia ou celulose microcristalina pois os controles (amostras sem adição de fibra) utilizados por Grigelmo-Miguel et al. (2001) e por Gómez et al. (2010) já foram mais coesos (0,48 e 0,70, respectivamente) do que o controle deste trabalho, cujos valores de coesividade variaram de 0,238 a 0,293. Ou seja, existem outros componentes na formulação que contribuem para a coesão, tais como a concentração de gordura.

Tabela 17 - Avaliação da **coesividade** dos bolos ao longo do período de estocagem.

Amostra	Tempo de armazenagem (dias)				
	1	8	22	36	42
Bolo	0,238±0,01 ^{a, B}	0,293±0,004 ^{a, A}	0,28±0,009 ^{a, A}	0,293±0,007 ^{a, A}	0,252±0,01 ^{a, B}
Bolo 3%	0,241 ±0,01 ^{a, A}	0,240±0,03 ^{a, A}	0,250±0,008 ^{b, A}	0,25± 0,005 ^{b, A}	0,241 ± 0,01 ^{a, A}
Bolo 6%	0,236 ± 0,03 ^{a, A}	0,270 ± 0,01 ^{a, A}	0,252±0,005 ^{b, A}	0,245 ± 0,01 ^{b, A}	0,260 ± 0,01 ^{a, A}

^{a,b} Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença entre os tratamentos;

^{A,B} Letras diferentes na mesma linha indicam diferença entre os tempos;

N=4

Os resultados obtidos para a **elasticidade** foram expressos na Tabela 18. Verifica-se que a incorporação de FBCA nas formulações resultou em bolos menos elásticos. Este resultado foi similar ao descrito por Gómez et al. (2010), quando estes autores elaboraram bolos com adição de farelo de trigo, farelo de aveia e celulose microcristalina em diferentes concentrações. De acordo com os autores citados, quando a percentagem de fibras aumentou no produto, a elasticidade diminuiu. No entanto, ainda segundo os autores, esta tendência só foi significativa com as percentagens mais elevadas (24 e 36%). Todavia, os resultados obtidos diferiram do obtido por Grigelmo-Miguel et al. (2001), onde a elasticidade não foi alterada pela incorporação de fibra de pêssago em *muffins*. Os bolos produzidos no presente trabalho também foram menos elásticos do que os produzidos por Grigelmo-Miguel et al. (2001), cuja elasticidade variou de 0,81 a 0,89 cm.

Tabela 18 - Avaliação da **elasticidade** (cm) dos bolos ao longo do período de estocagem.

Amostra	Tempo de armazenagem (dias)				
	1	8	22	36	42
Bolo	0,601±0,03 ^{a, B}	0,698±0,02 ^{a, A}	0,668±0,01 ^{a, A, B}	0,674±0,01 ^{a, A}	0,633±0,02 ^{a, A, B}
Bolo 3%	0,495±0,01 ^{b, B}	0,582±0,03 ^{b, A}	0,562±0,01 ^{b, A, B}	0,568±0,04 ^{b, A}	0,546±0,01 ^{b, A, B}
Bolo 6%	0,487 ± 0,03 ^{b, A}	0,533 ± 0,04 ^{b, A}	0,476 ± 0,01 ^{c, A}	0,486 ± 0,008 ^{c, A}	0,507 ± 0,02 ^{b, A}

^{a, b, c} Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença entre os tratamentos,

^{A, B} Letras diferentes na mesma linha indicam diferença entre os tempos;

N=4

4.10. Avaliação da aceitação sensorial das amostras durante a estocagem

Na Tabela 19 foram apresentados os resultados obtidos com relação à aceitação da aparência dos bolos. Pelos resultados obtidos para este atributo, verificou-se que o bolo rico em fibra (com 6% de adição da FBCA) teve a mesma aceitação que o controle (sem adição da FBCA) apenas no oitavo e vigésimo segundo dia, nos demais a aceitação de sua aparência foi ligeiramente inferior, provavelmente em função da presença da FBCA que escureceu um pouco o produto. Por outro lado, os bolos fontes de fibra (com 3% de FBCA) diferiram do controle apenas no quadragésimo segundo dia, o que permite inferir que, no que diz respeito à aparência, é possível produzir bolos fontes de fibra, com adição de FBCA, sem prejudicar em demasia sua apresentação.

Na Tabela 20 foram apresentados os resultados obtidos com relação à aceitação do aroma dos bolos. Verifica-se que as médias atribuídas ficaram na faixa do “gostei regularmente” ao “gostei ligeiramente”, ou seja, entre 7 e 6, com exceção de uma única média na faixa do “indiferente”.

Tabela 19 - Avaliação da **aparência** dos bolos para os três tratamentos a longo do período de estocagem.

Amostra	Tempo de armazenagem (dias)				
	1	8	22	36	42
Bolo sem FBCA	6,60 ^{a, A}	6,68 ^{a, A}	6,50 ^{a, A}	6,42 ^{a, A}	6,60 ^{a, A}
Bolo com 3% de FBCA	6,30 ^{a,b A,B}	6,40 ^{a A,B}	6,58 ^{a A}	5,98 ^{a,b A,B}	5,70 ^{b B}
Bolo com 6% de FBCA	5,72 ^{b A,B}	6,42 ^{a A}	6,22 ^{a A,B}	5,78 ^{b A,B}	5,44 ^{b,B}

^{a,b} Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença entre os tratamentos,

^{A,B} Letras diferentes na mesma linha indicam diferença entre os tempos;

N=50

A incorporação da FBCA, conforme esperado, já que o produto não apresenta odor, parece não ter afetado este atributo porque se detectou diferença significativa entre os tratamentos apenas no primeiro dia, onde os bolos ricos em fibra foram ligeiramente menos aceitos que os demais. Como a FBCA substitui a fécula de mandioca na formulação, é possível inferir que o produto não perdeu muito sua capacidade de retenção do aroma com a substituição.

Tabela 20 - Avaliação do **aroma** dos bolos a longo do período de estocagem.

Amostra	Tempo de armazenagem (dias)				
	1	8	22	36	42
Bolo sem FBCA	7,18 ^{a, A}	6,84 ^{a, A}	6,86 ^{a, A}	6,56 ^{a, A}	6,32 ^{a, A}
Bolo com 3% FBCA	6,62 ^{a, b, A}	6,70 ^{a, A}	6,94 ^{a, A}	6,48 ^{a, A}	6,16 ^{a, A}
Bolo com 6% FBCA	6,42 ^{b A,B}	6,58 ^{a A,B}	6,82 ^{a A}	6,06 ^{a A,B}	5,96 ^{a B}

^{a,b} Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença entre os tratamentos,

^{A,B} Letras diferentes na mesma linha indicam diferença entre os tempos;

N=50

Comparando-se as médias atribuídas ao longo do tempo de estocagem, verificou-se que a presença da FBCA também pouco afetou a retenção do aroma,

pois, com exceção do produto rico em fibra, com 42 dias de estocagem, não houve alteração significativa nas notas atribuídas a este parâmetro.

Na Tabela 21 foram apresentados os resultados obtidos com relação à aceitação do atributo **sabor** para os bolos. Verifica-se que as médias atribuídas ficaram na faixa do “gostei regularmente” ao “gostei ligeiramente”, ou seja, entre 7 e 6, com exceção de duas delas, atribuídas aos bolos ricos em fibras, com 36 e 42 dias de estocagem, cujas médias atribuídas foram um pouco inferiores, na faixa do “indiferente” ($\geq 5 \leq 5,9$). Este resultado é bastante importante porque prova que a adição da FBCA não interferiu de forma negativa no sabor do produto, especialmente quando incorporada na massa para produção do bolo fonte (com 3% de FBCA).

Comparando-se os tratamentos observa-se que estes só diferiram no trigésimo sexto dia de estocagem, onde o sabor do bolo rico em fibras foi significativamente menos aceito que os demais, sendo que este efeito não persistiu no quadragésimo segundo dia de estocagem. Com relação ao tempo de estocagem, verifica-se que os bolos fonte de fibras foram menos aceitos, no que diz respeito ao sabor, após 42 dias de estocagem e o bolo rico teve sua aceitação reduzida já com 36 dias de estocagem.

Tabela 21 - Avaliação do **sabor** dos bolos a longo do período de estocagem.

Amostra	Tempo de armazenagem (dias)				
	1	8	22	36	42
Bolo sem FBCA	6,92 ^{a, A}	6,64 ^{a, A}	6,78 ^{a, A}	6,10 ^{a,b, A}	6,18 ^{a, A}
Bolo com 3% FBCA	7,08 ^{a, A}	6,88 ^{a, A,B}	6,96 ^{a A,B}	6,60 ^{a A,B}	6,30 ^{a,B}
Bolo com 6% FBCA	6,62 ^{a A,B}	6,88 ^{a,A}	6,54 ^{a A,B}	5,76 ^{b,B}	5,80 ^{a,B}

^{a,b} Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença entre os tratamentos,

^{A,B} Letras diferentes na mesma linha indicam diferença entre os tempos;

N=50

Na Tabela 22 foram apresentados os resultados obtidos com relação à aceitação do atributo **textura** para os bolos. Verifica-se que as médias atribuídas

ficaram na faixa do “gostei ligeiramente” ao “indiferente”, ou seja, entre as médias 6 e 5. Este resultado confirma que o atributo textura foi o que recebeu a menor média geral, mas que, entretanto, esta média não se deve a presença da FBCA, pois os tratamentos diferiram apenas no oitavo dia de estocagem, quando o controle foi significativamente menos aceito que os demais. Este resultado permite a dedução de que a incorporação de FBCA não interfere negativamente na textura do bolo, ao contrário do que se esperava. Este resultado foi muito significativo, porque, apesar do fato de que o aumento no teor de fibra dietética nos alimentos beneficia a saúde e nutrição dos consumidores, de acordo com Onwulata (2008), é difícil adicionar quantidades substanciais de fibra nos alimentos, porque as fibras absorvem uma quantidade significativa de água ao redor dos ingredientes criando problemas de textura, tais como regiões excessivamente encharcadas e outras secas, além da textura grosseira e arenosa, quando se trata de fibra insolúvel.

No que diz respeito ao tempo de estocagem, verificou-se um comportamento similar ao observado para a maioria dos atributos analisados, a aceitação dos bolos contendo fibra, principalmente daquele rico em fibras, foi significativamente menor, embora não tem passado da faixa do indiferente, nos últimos dias de estocagem.

Tabela 22 - Avaliação da **textura** dos bolos a longo do período de estocagem.

Amostra	Tempo de armazenagem (dias)				
	1	8	22	36	42
Bolo sem FBCA	6,14 ^{a, A}	5,76 ^{b, A}	5,74 ^{a, A}	5,64 ^{a, A}	5,48 ^{a, A}
Bolo com 3% FBCA	6,82 ^{a, A}	6,76 ^{a, A}	6,42 ^{a, A,B}	5,74 ^{a B}	5,64 ^{a B}
Bolo com 6% FBCA	6,16 ^{a A,B}	6,58 ^{a, b A}	5,62 ^{a A,B}	5,54 ^{a B}	5,24 ^{aB}

^{a,b} Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença entre os tratamentos;

^{A,B} Letras diferentes na mesma linha indicam diferença entre os tempos;

N=50

Na Tabela 23 foram apresentados os resultados obtidos com relação à **aceitação global** dos bolos, ou seja, resultados que dizem respeito à avaliação que

os consumidores fizeram dos produtos considerando todo o conjunto. Verifica-se que as médias atribuídas, de maneira geral, ficaram na faixa do “gostei ligeiramente” ao “indiferente”, ou seja, entre as médias 6 e 5, sendo que apenas três médias foram atribuídas na faixa do “indiferente” ($\geq 5 \leq 5,9$), o que pode ser considerado um resultado satisfatório.

Comparando-se os tratamentos, observa-se que estes diferiram apenas no quadragésimo segundo dia, quando o bolo rico em fibra (com 6% de FBCA) foi ligeiramente menos aceito do que aquele sem adição de FBCA. Tais resultados indicam que é possível utilizar FBCA como fonte de fibra insolúvel em bolo sem reduzir sua aceitação, especialmente quando se prepara o bolo fonte de fibra. De maneira similar, quando Sangnark & Noomhorm (2004) produziram pães com a substituição da farinha de trigo por bagaço de cana nas proporções de 0, 5, 10 e 15%, verificaram que as formulações que continham 15% de bagaço não foram aceitas sensorialmente, que aquelas com 10% tiveram aceitação ligeiramente inferior ao controle, na faixa do “indiferente”, e que a formulação com 5% de substituição teve aceitação similar ao controle.

No que diz respeito ao tempo de estocagem, verificou-se um comportamento similar ao observado para a maioria dos atributos analisados, a aceitação dos bolos contendo fibra, principalmente daquele rico em fibras, foi significativamente menor, embora não tenha passado da faixa do indiferente, nos últimos dias de estocagem.

Neste trabalho verificou-se que o tempo de estocagem, principalmente aos 42 dias, influenciou a maioria dos atributos avaliados para o bolo rico em fibra. Quando Montes Villanueva e Trindade (2010) avaliaram a vida de prateleira de *cupcakes* sabor chocolate e cenoura estocados por 120 dias, verificaram que o tempo de estocagem afetou significativamente o sabor, a textura e aceitação global dos produtos, resultando em perda da aceitação após 5 meses de estocagem. Todavia, estes autores não verificaram tal influencia na aparência do produto.

Tabela 23 - Avaliação da **aceitação global** dos bolos a longo do período de estocagem.

Amostra	Tempo de armazenagem (dias)				
	1	8	22	36	42
Bolo puro	6,67 ^{a, A}	6,54 ^{a,A}	6,60 ^{a,A}	6,14 ^{a,A}	6,14 ^{a,A}
Bolo com 3%	6,86 ^{a,A}	6,78 ^{a,A}	6,72 ^{a, A}	6,28 ^{a, A,B}	5,90 ^{a,b,A,B}
Bolo com 6%	6,24 ^{a,A,B}	6,82 ^{a,A}	6,38 ^{a A,B}	5,72 ^{a, B}	5,58 ^{b,B}

^{a,b} Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença entre os tratamentos;

^{A,B} Letras diferentes na mesma linha indicam diferença entre os tempos;

N=50

5. Conclusões

De acordo com os resultados obtidos neste estudo, e considerando-se os objetivos propostos, pode-se concluir que, a farinha do bagaço da cana de açúcar, representa uma alternativa como fonte de fibra insolúvel para incorporação em alimentos, podendo não somente enriquecê-los com fibras insolúveis, mas também com minerais importantes para a saúde, tais como ferro, manganês e cromo.

Bolos com FBCA são ligeiramente mais úmidos, escuros, densos e duros que os tradicionais. Todavia, são menos elásticos e tão coesos quanto.

A adição de 3% da FBCA em bolo tipo *cupcake* é positiva porque os produtos obtidos têm aceitação sensorial e vida de prateleira similar ao produto tradicional, e são mais saudáveis, devido ao alto teor de fibra insolúvel e de minerais oriundos da FBCA.

6. Referências bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos**. Resolução RDC nº 263: 22 de setembro de 2005. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_78_farinhas.htm>. Acesso em: 22 nov. 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Informe Técnico de número 36**: 27 de junho de 2008. Portaria de número 27 de 1998. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/alimentos/informes/36_270608.htm>. Acesso em: 26 abr. 2010.

ALMEIDA, N.R.; OLIVEIRA, I.C.; TAVARES, M.F.A.; SANTOS, G.M.S.; MONTAL, M.C.C e OLIVEIRA, L.M.F. Avaliação da qualidade microbiológica e microscópica do farelo de trigo destinado à alimentação. **Revista Baiana de Saúde Pública**, Salvador, v.19, n. ¼, p. 9 -18, jan/dez. 1992.

ANDRADE, J.B.; JUNIOR, E.F.; POSSENTI, R.A.; OTSUK, I.P.; ZIMBACK, L.; LANDELL, M.G.A. Composição química de genótipos de cana-de-açúcar em duas idades, para fins de nutrição animal. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 3, p. 341-349, 2004.

ANDRADE, S. R. R.; PORTO, E. e SPOTO, M. H. F. Avaliação da qualidade do caldo extraído de toletes de cana-de-açúcar minimamente processada, armazenados sob diferentes temperaturas. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 28(Supl.), p. 51-55, dez. 2008.

ANJO, D. F. C. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. **Jornal Vascular Brasileiro**, Porto Alegre, v. 3, n. 2, p. 145-154, 2004.

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

AYADI, M.A.; ABDELMAKSoud, W.; ENNOURI, M. E ATTIA, H. Cladodes from *Opuntia ficus indica* as a source of dietary fiber: Effect on dough characteristics and cake making. **Industrial Crops and Products**. v. 30, Issue 1, p. 40-47, jul. 2009.

BANDA, M.; VALDEZ, R.E. Effect of stage of maturity on nutritive value of sugar cane. **Tropical Animal Production**, Santo Domingo, v.1, p.94-97, 1976.

BAIXAULI, R., SALVADOR, A. e FISZMAN, S., M. Textural and colour changes during storage and sensory shelf life of muffins containing resistant starch. **European Food Research Technology**, v. 226, n. 3, p. 523–530, 2008.

BAIXAULI, R.; SANZ, T.; SALVADOR, A.; FISZMAN, S.M. Muffins with resistant starch: Baking performance in relation to the rheological properties of the batter. **Journal of Cereal Science**, v. 47, n. 3, p. 502-509, 2007.

BOAS, E.V.B.V. **Avaliação nutricional dos alimentos**. Lavras: FAEPE - UFLA, 53p., 1999.

BOAS, E.V.B.V. **Alimentos e nutrientes**. Lavras: FAEPE - UFLA, 74 p., 2001.

BOBBIO, F. O. e BOBBIO, P. A. **Introdução à química dos alimentos**. São Paulo: Varela, 238 p., 2003.

BORGES, J. T. S.; PIROZI, M. R.; LUCIA, S. M.D.; PEREIRA, P.C.; MORAES, A. R. F. e CASTRO, V.C. Utilização de farinha mista de aveia e trigo na elaboração de bolos. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 24, n. 1, p. 145-162, jan./jun. 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, n. 7-E, 10 jan. 2001. p. 45 – 53.

BRASIL. Portaria SVS n. 451 de 19 de setembro de 1997. Aprova o Regulamento Técnico Princípios Gerais para o Estabelecimento de Critérios e Padrões Microbiológicos para Alimentos e seus anexos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 22 de setembro de 1997. Seção 1 21005.

BRASIL, Resolução RDC N.º 12, DE 30/03/1978 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos - CNNPA. Estabelece normas técnicas especiais relativas a alimentos (e bebidas). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF. Anexo II, portaria nº 01/1987.

BURGI, R. Utilização de resíduos culturais e de beneficiamento de na alimentação de bovinos. In: Simpósio sobre Nutrição de Bovinos, 6., 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995, p. 153 – 169.

CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; VELOSO, C.M.; MAGALHÃES, A.F.; FREIRE, M.A.L.; SILVA, F.F.; SILVA, R.R.; CARVALHO, B.M.A. Valor nutritivo do bagaço de cana-de-açúcar amonizado com quatro doses de uréia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Bahia, v.41, n.1, p.125-132, jan. 2006.

CARVALHO, G.J. **Avaliação do potencial forrageiro e industrial de variedades de cana-de-açúcar (ciclo de ano) em diferentes épocas de corte.** 1992. 63f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior Agricultura de Lavras, Lavras, 1992.

CASALI, A. O.; DETMANN, E.; FILHO, S.C.V.; PEREIRA, J.C.; CUNHA, M.; DETMANN, K.S.C e PAULINO, M.F. Estimação dos teores de componentes fibrosos em alimentos para ruminantes em sacos de diferentes tecidos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n.1, p.130-138, 2009.

CEREDA, M. P. Caracterização dos resíduos da industrialização da mandioca. In: **CEREDA, M. P.** (Coord.) Resíduos da industrialização da mandioda no Brasil. São Paulo: Paulicéia, 1994. p. 11-50.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos.** Campinas: Ed. Unicamp, 2001. 212 p.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos.** 2ª. ed. revisada. Campinas: Ed. UNICAMP, 2003. 207 p.

CHAMP, M. e GUILLON, F. Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. **Food Research International**. p233–245, 2000.

CHEN, H; RUBENTHALER, G.L.; LEUNG, H.K; BARANOWSKI, J.D. **Cereal Chemistry**. v. 65, n. 3, p. 244-247, 1988.

COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. São Paulo: **Sindirações/Anfal**. Campinas: CNBA/SDR/MA. 2005.

COUTO, S. R. M.; DERIVI, S. C. N.; MENDEZ, M. H. M. Utilização tecnológica de subprodutos da indústria de vegetais. **Higiene Alimentar**, v. 18, n. 124, p. 12-22, 2004.

CUKIER, C., MAGNONI, D. e ALVAREZ, T. **Nutrição baseada na fisiologia dos órgãos e sistemas**. São Paulo: Sarvier, cap. 16, p. 142, 2005.

DOLINSKY, M. **Manual dietético para profissionais**. 2ª. ed. São Paulo: Ed. Roca. 2008.

FERNANDEZ, M., BORROTO, B., RODRIGUEZ, J. L. e BELTRAN, G. Dietary fibre from cane bagasse: a new alternative for use of these residues. **Alimentaria**, v. 277, p. 37–38. 1996.

FIBRAS: uma falta de definição! **Aditivos & Ingredientes**, São Paulo, n.4, p.24-35, set./out. 1999 *apud* POSSAMAI, T.N. **Elaboração do pão de mel com fibra alimentar proveniente de diferentes grãos, sua caracterização físico-química, microbiológica e sensorial**. 69p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9ª. ed. São Paulo: Ed Atheneu, 1999.

FRANCO, B.D.G. de M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo, Ed. Atheneu, 1996.

FREITAS, M. C. J. et al. Aplicação do amido resistente de banana verde (*Musa* AAA-Nanicão) e farinha de semente de abóbora (*Curcubita* maxima, L.) na elaboração de biscoitos tipo cookie. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18., 2002, Porto Alegre. **Anais eletrônicos...** Porto Alegre: SBCTA, 2002a. 1 CD.

FREITAS, M. C. J. et al. Composição química de biscoitos sequilhos elaborados com farinha de semente de abóbora (*Curcubita* maxima, L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO, 17., 2002, Porto Alegre. **Anais eletrônicos...** Porto Alegre: ASBRAN; AGAN, 2002b. 1 CD.

FREITAS, M. C. J. et al. Avaliação química de biscoitos tipo cookie elaborados com amido resistente de banana (*Musa* AAA-Nanicão) e farinha de semente de abóbora (*Curcubita* maxima, L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO, 17., 2002,

Porto Alegre. **Anais eletrônicos...** Porto Alegre: ASBRAN; AGAN, 2002c. 1 CD.

FREITAS, A. W. P.; ROCHA, F. C.; ZONTA, A.; FAGUNDES, J. L.; FONSECA, R.; ZONTA, M. C. M.; MACEDO, F. L. Consumo de nutrientes e desempenho de ovinos alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar hidrolisada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.11, p.1569-1574, nov. 2008.

FREITAS, E.D.G.A. **Obtenção de tijolos de solo-cimento com adição de cinzas de bagaço de cana-de-açúcar para uso na construção civil**. 1996. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 1996.

GALLO, C. R. **Determinação da microbiota bacteriana de mosto e de dornas de fermentação alcoólica**. Campinas, 1989. 388 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade de Campinas, Campinas, 1989.

GENEROSO, R.A.R.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S; ALBINO, L.F.T; BARRETO, S.L.T e BRUMANO, G. Composição química e energética de alguns alimentos para frangos de corte em duas idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 37, n.7, p.1251-1256, 2008.

GIUNTINI, E. B., LAJOLO, F. M. e MENEZES, E. W. Potencial de fibra alimentar em países ibero-americanos: alimentos, produtos e resíduos. **Archivos Latino Americanos de Nutrición**. Caracas, v. 53, n. 1, p. 14-20, mar. 2003.

GÓMEZ, M., MORALEJA, A., OLLETE, B., RUIZ, E. CABALLERO, P.A. Effect of fibre size on the quality of fibre-enriched layer cakes. **LWT - Food Science and Technology**, v. 43, n. 1, p.33-38, 2010.

GOULD, J. M. **Alkaline peroxide treatment of nonwoody lignocellulose**. US patent. n. 4, v. 649, p.113, 10 mar. 1987.

GOULD, J. M. **Alkaline peroxide treatment of agricultural byproducts**. US patent. n. 4, v. 806, p.475, 21 feb. 1989.

GOULD, J. M., JASBERG, B. K., DEXTER, L. B., HSU, J. T., LEWIS, S. M. E FAHEY, G. C. High-fiber, noncaloric flour substitute for baked foods. Properties of alkaline peroxide-treated lignocellulose. **Cereal Chemistry**, v. 66, p. 201–205. 1989.

GRANADA, G.; ROSA, V.; ZAMBIAZI, R. e KOETZ, P. Caracterização de granolas comerciais. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 23, n. 1, p. 87-91, jan.-abr. 2003.

GRIGELMO-MIGUEL, N; CARRERAS-BOLARDERAS, E; MARTI'N-BELLOSO, O. **Ciência e Tecnologia de alimentos internacional**. v. 7, n. 5, p. 425-431, 2001.

GUILLON F.; CHAMP, M. Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. **Food Research International**, v. 33, n. 2, p. 233-245, 2000.

HORWITZ, W. (ed). **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 18th ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2005. cap. 32, method 991.43, p.7-10.

IDRIS, N.; ENBONG, M. S.; ABDULLCH, A.; CHEHA, C. M.; HASSAR, H. Performance evaluation of shortenings based on palm oil and butterfat in yellow cake. **Fett/Lipid**, Kuala Lumpur, v. 98, n. 4, p. 144-148, 1996.

IMAI, E., SATIO, K., HATEKEYAMA, M., HATAE, K., SHIMADA, A. Effect of physical properties of food particles on the degree of graininess perceived in the mouth. **Journal of Food Textures**, v. 30, p. 59-80, 1999.

Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes: Water, Potassium, Sodium Chloride, and Sulfate. Washington, DC: **National Academy Press**; 2004.

INTERNATIONAL LIFE SCIENCES INSTITUTE DO BRASIL (ILSI Brasil). **Manual: Usos e aplicações das “Dietary reference intakes” DRIs**. São Paulo, 2001. Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/Ensino/Graduacao/Disciplinas/Exclusivo/Inserir/Anexos/LinkAnexos/LIVRO-DRI-ILSI-%20diurno.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2010.

JAY, J.M. **Microbiologia moderna de los alimentos**, 3ª edição. Acribia S.A. Zaragoza, p. 279-513, 1992.

JÚNIOR, A. P. N.; FILHO, J. C. S.; TIESENHAUSEN, I. M. E. V. V.; ROCHA, G. P.; CAPPELLE, E. R.; FILHO, C. C. C. C. Efeito de diferentes aditivos sobre os teores

de proteína bruta, extrato etéreo e digestibilidade da silagem de maracujá. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.3, p. 871-875, maio/jun. 2007.

KUNG Jr., K.; STANLEY, R.W. Effect of stage of maturity on the nutritive value of wholeplant sugarcane preserved as silage. **Journal Animal Science**, Albany, v.54, p.689-695, 1982.

LEME, A. **Avaliação e armazenamento de híbridos de milho verde visando à produção de pamonha**. 2007. 124f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2007. Disponível em: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/.../DissertacaoAnaLeme.pdf. Acesso em: 11 de Janeiro de 2011.

LIMA, L. C. O. Processamento mínimo de kiwi e mamão. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Palestras...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p. 95-109.

LORENZONI, W. R.; MELLA, S. C. Avaliação do resíduo sólido obtido da lavagem da raiz da mandioca como alimento energético para bovinos. **CEREDA, M. P.** (Coord.) Resíduos da industrialização da mandioca no Brasil. São Paulo: Paulicéia, 1994. p. 11-50.

MACFIE, H.J.; BRATCHELL, N.; GREENHOFF, K.; VALLIS, L.V. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. **Journal of Sensory Studies. Danvers**. v.4, n. 2, p. 129-148, 1989.

MAHAN, L.k.; ESCOTT-STUMP, S. **(KRAUSE) Alimentos, Nutrição e Dietoterapia**. 10 ed. São Paulo: Roca, 2002.

MAIA, S. M. P. C. **Aplicação da farinha de maracujá no processamento do bolo de milho e aveia para fins especiais**. 2007. 72 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

MANUAL DA ELETROBRÁS. **Aproveitamento energético dos resíduos da agroindústria da cana-de-açúcar**. Rio de Janeiro, 1983, cap 4, p. 108.

MANUAL DAS NECESSIDADES NUTRICIONAIS HUMANAS. Organização de Alimentos e de Agricultura das Nações Unidas , FAO e Organização Mundial de

Saúde, OMS. **Relatório das necessidades mínimas de calorias, dos nutrientes e do consumo alimentar**. São Paulo: Editora Atheneu, 68 p., 2004.

MEADE, G. P. e CHEN, J. C. P. **Cane sugar handbook: A manual for cane sugar manufacturers and their chemist**. New York: A Wiley-Interscience Publication.1977.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory Evaluation Techniques**. Boca Raton: CRC Press, 1999.

MONTES VILLANUEVA, N. D.; TRINDADE, M. A. Estimating sensory shelf life of chocolate and carrot cupcakes using acceptance tests. **Journal of Sensory Studies**, v. 25, n.2, p.260–279, apr.2010.

MOSCATTO, J. A.; PRUDÊNCIO-FERREIRA, S. H.; HAULY, M. C. O. Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p.634-640, 2004.

MOURA, N., C. **Características físico-químicas, nutricionais e sensoriais de pão de forma com adição de grãos de linhaça**. 2008. 95f. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde.../Neila_Moura.pdf>. Acesso em: 11 de Janeiro de 2011.

OLIVEIRA, M.D.S.; SAMPAIO, A.A.M.; CASAGRANDE, A.A., et al. Estudo da composição químico-bromatológica de algumas variedades de cana-de-açúcar. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996. v.2, p.314.

ONWULATA, Cl. Baking properties of milk protein-coated wheat bran. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.32, n.1, p.24-38, 2008.

ORDÓÑEZ, J. A. et col. **Tecnologia de Alimentos**. Componentes dos Alimentos e Processos. Porto Alegre: Artmed, 2005, vol 1, 76 p.

OSAWA, C.C.; BRIGATTO L.C.; FONTES, E.H.; MIRANDA, W.; CHANG, Y.K. STEEL, C. J. Avaliação físico-química de bolo de chocolate com coberturas comestíveis à base de gelatina, ácido esteárico, amido modificado ou cera de

carnaúba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 1, p. 92-99, 2009.

PARANHOS, S. B. **Cana-de-açúcar. Cultivo e utilização**. Campinas. Fundação Cargil. V.2. 1987.

PATURAU, J. M. By-products of the cane sugar industry. Amsterdam: **Elsevier Publishing Company**. 1969.

PAULA, M. O. de; TINÔCO, I. F. F.; RODRIGUES, C. S.; SILVA, E. N.; SOUZA, C. F. Potencial da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como material de substituição parcial do cimento Portland. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 3, p. 353-357, 2009.

PEDREIRA, J.V.S. Ensaio de digestibilidade (aparente) de cana-de-açúcar. **Boletim da Indústria Animal**, v. 20, n. único, p. 281-8, 1962.

PEREZ, P.M.P e GERMANI, R. Farinha mista de trigo e berinjela: características físicas e químicas. **B.CEPPA**, Curitiba, v. 22, n.1, p. 15-24, jan/jun 2004.

PEREZ, P.M.P e GERMANI, R. Elaboração de biscoitos tipo salgado, com alto teor de fibra alimentar, utilizando farinha de berinjela (*Solanum melongena*, L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 186-192, 2007.

PINTO, M.V. P. **Utilização digestiva de dietas com diferentes fontes de fibras e determinação de curvas glicêmicas em cães adultos**. 2007. 73f. Dissertação (Mestre em Zootecnia) - Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

PIRES, A. J. V.; GARCIA, R.; FILHO, S. C. V.; PEREIRA, O. G.; CECON, P. R.; SILVA, F. F.; SILVA, P. A.; VELOSO, C. M. Novilhas Alimentadas com Bagaço de Cana-de-Açúcar Tratado com Amônia Anidra e, ou, Sulfeto de Sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.1078-1085, 2004.

POLIZZOTO, L.M.; TINSLEY, A.M.; WEBER, C.W.; BERRY, J.W. Dietary fibers in muffins. **Journal of Food Science**, Atlanta, v. 48, p.111-118, jan./feb., 1983.

POSSAMAI, T. N. **Elaboração do pão de mel com fibra alimentar proveniente de diferentes grãos, sua caracterização físico-química, microbiológica e sensorial**. 2005. 71p. Tese (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

PROSKY, L.; ASP, N-G.; SCHWEIZER, T.F.; DEVRIES, J. W.; FURDA, I. Determination of insoluble and soluble dietary fibers in foods and food products. **Journal of A.O.A.C. International**, v.75, n.2; p.360-367, 1992.

PYLER, E. J. **Baking: science & technology**. 3rd ed. Kansas: Sosland Publishing Company, v. 2. 1988.

REDDY, B. S. **Dietary fiber and colon carcinogenesis: A critical review**. In G. V. Vahouny, & D. Kritchevsky (Eds.). *Dietary Fiber in Health and Disease*. Plenum, New York, p. 265–285, 1982.

ROTULAGEM NUTRICIONAL OBRIGATÓRIA: manual de orientação aos consumidores. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) - Universidade de Brasília – Brasília: Ministério da Saúde, 2001. 45 p.

SANGNARK, A., e NOOMHORM, A. Effect of particle sizes on functional properties of dietary fibre prepared from sugarcane bagasse. **Food Chemistry**, v. 80, p. 221–229, 2003.

SANGNARK, A. e NOOMHORM, A. Effect of dietary fiber from sugarcane bagasse and sucrose ester on dough and bread properties. **Swiss Society of Food Science and Technology**, Thailand, p. 697-704, 2004.

SAS Institute. **SAS Users guide**. V.8.2e. Statistics Cary, 2006.

SCHNEEMAN, B. O. Dietary fiber and gastrointestinal function. **Nutritional Research**, v. 18, p. 625–632, 1988.

SCHWEIZER, T. F. e WURSCH, P. The physiological and nutritional importance of dietary fibre. **Experientia**, v. 47, p. 181–186, 1991.

SHAFFER, M.A.M.; ZABIK, M.E. Dietary fiber sources for baked products: comparison of wheat brans and other cereals brans in layer cakes. **Journal of Food Science**. v. 43, p. 375-379, 1978.

SILVA, M.R. **Caracterização química e nutricional da farinha de jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.): desenvolvimento e otimização de produtos através de testes sensoriais afetivos**. 1997. 154 f. Tese (Doutorado em Ciência da Nutrição) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 1997.

SILVA, S.M.C.S.; MURA, J.D.P. **Tratado de alimentação, nutrição e dietoterapia**. São Paulo: Roca, 2007. 1122p.

SPILLER, G. A. **Suggestions for a basis on which to determine a desirable intake of dietary fiber**. In: Handbook of Dietary Fiber in Human Nutrition; Spiller, G. A. Ed. CRC Press: Boca Raton, Florida: p. 281-283, 1986.

SREENATH, H.H.; SUDARSHANAKRISHNA, K.R.; PRASAD, N.N.; SANTHANAM, K. Characteristics of some fiber incorporated cake preparations and their dietary fiber content. **Starch/Stärke**. v. 48, n. 2, p. 72-76, 1996.

STEPHEN, A. Should we eat more fiber? **Journal of Human Nutrition**, v. 35, p. 403–414, 1981.

STONE, H.; SIDEL, J. **Sensory Evaluation Practices**. New York: Academic Press, 1993.

TARPILA, S., MIETTINEN, T. A. e METSARANTA, L. Effects of bran on serum cholesterol, fecal mass, fat, bile acids, and neutral sterols and biliary lipids in patients with diverticular disease in the colon. **Gut**, v. 19, p. 137–145, 1978.

TASCA, A.C.O. e MOURA, A.C. **Análise microbiológica da farinha de trigo (*Triticum aestivum* L.) comercializada no município de Cascavel – PR**. In: CONGRESSO CIENTÍFICO CULTURAL INTERINSTITUCIONAL, 7., 2009. Faculdade Assis Gurgacz. Cascavel. Disponível em: <http://www.fag.edu.br/tcc/2007/Ciencias_Biologicas_Bacharelado/ANALISE%20MI

CROBIOLOGICA%20DA%20FARINHA%20DE%20TRIGO.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2010.

TEIXEIRA, F. A.; PIRES, A.V e NASCIMENTO, P.V.N. Bagaço de cana-de-açúcar na alimentação de bovinos. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 8, n. 6, jun. 2007. Disponível em: <<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060607/060708.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2010.

THEBAUDIN, J. Y.; LEFEBVRE, A. C.; HARRINGTON, M.; BOURGEOIS, C. M. Dietary fibres: nutritional and technological interest. **Trends in Foods Science & Technology**, v. 8, p. 41-48, 1997.

VALENCIANO, M. D.M. e FREIRE, W. J. Características físicas e mecânicas de misturas de solo, cimento e cinzas de bagaço de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.484-492, set./dez. 2004.

VAN ESPEN, P.; NULLENS, H.; ADAMS, F.A. A computer analysis of X-ray fluorescence spectra. **Nuclear Instruments and Methods**, v.142, p.243-250, 1977.

VERGANA-VALENCIA, N.; GRANADOS-PÉREZ, E.; AGAMA-ACEVEDO, E.; TOVAR, J.; RUALES, J. E BELLO-PÉREZ, L.A. Fibre concentrate from mango fruit: Characterization, associated antioxidant capacity and application as a bakery product ingredient . **Food Science and Technology**, v. 40, n.4, p. 722-729, mai. 2007.

WARD, A.F.; MARCIELLO, L.F.; CARRARA, L.; LUCIANO, V.J. Simultaneous determination of major, minor, and trace elements in agriculture and biological samples by inductively coupled argon plasma spectrometry. **Spectroscopy Letters**, v.13, p.803-831, 1980.

WILLIAN, S. R. **Fundamentos de Nutrição e Dietoterapia**. 6^a.ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

ZAMBOM, M. A.; SANTOS, G. T.; MODESTO, E. C.; ALCALDE, C. R.; GONÇALVES, G. D.; SILVA, D. C.; SILVA, K. T.; FAUSTINO, J. O. Valor nutricional da casca do grão de soja, farelo de soja, milho moído e farelo de trigo para bovinos. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 4, p. 937-943, 2001.