

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA

Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

Programa de Pós Graduação Stricto sensu

Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Thais Marcon

Aptidão tecnológica do bagaço de maçã para aplicação em produtos extrusados e
panificados

PONTA GROSSA

2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA

Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

Programa de Pós Graduação Stricto sensu

Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Thais Marcon

Aptidão tecnológica do bagaço de maçã para aplicação em produtos extrusados e
panificados

Dissertação apresentada como um dos
requisitos para a obtenção do título de
Mestre em Ciência e Tecnologia de
Alimentos pela Universidade Estadual de
Ponta Grossa.

Orientadora: Dr^a Nelci Catarina
Chiquetto

PONTA GROSSA

2009

Ficha Catalográfica Elaborada pelo Setor de Processos Técnicos BICEN/UEPG

M321a Marcon, Thais
Aptidão tecnológica do bagaço de maçã para aplicação em produtos extrusados e panificados. / Thais Marcon. Ponta Grossa, 2009.
127 f.
Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos.) - Universidade Estadual de Ponta Grossa.
Orientadora: Profa. Dra. Nelci Catarina Chiquetto

1.Subproduto. 2. Fibras. 3. Vida de prateleira. 4. Extrusão.
5. Biscoito. I. Chiquetto, Nelci Catarina. II. T

CDD: 634.11

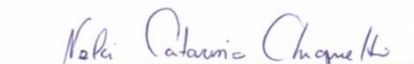
TERMO DE APROVAÇÃO

THAÍS MARCON

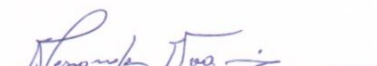
“ APTIDÃO TECNOLÓGICA DO BAGAÇO DE MAÇÃ PARA A APLICAÇÃO EM PRODUTOS EXTRUSADOS E PANIFICADOS “

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte Banca Examinadora:

Ponta Grossa, 22 de Maio de 2009.



Profa. Dra. Nelci Catarina Chiquetto
UEPG/PR



Prof. Dr. Alessandro Nogueira
UEPG/PR



Profa. Dra. Elizabeth Harumi Nabeshima
ITAL/SF

Ponta Grossa
2009

“Dedico aos meus grandes amores... meus pais, Eder e Regina. A minha irmã Jorreni. Ao meu marido Rafael e ao meu filhinho Gustavo (meu anjo).”

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado a força necessária nos momentos difíceis e por ter iluminado meus passos o que possibilitou mais esta vitória.

À Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela realização do mestrado e utilização de suas dependências para a realização dos experimentos.

À professora Dr^a. Nelci Catarina Chiquetto, pela orientação e ensinamentos.

À professora Dr^a. Deise Rosana Silva Simões, pelo auxílio na realização das análises sensoriais.

À coordenação, professores e funcionários do Mestrado em Ciência e Tecnologia em Alimentos, pelo auxílio e ensinamentos.

À técnica de laboratório Denise de Souza Mendes e a auxiliar Rita Staron Nabosny por toda a disposição e ajuda na realização das análises.

À minha amiga e colega de mestrado Tatiana Roselena Oliveira que sempre me incentivou nas horas difíceis.

Aos amigos e colegas Alessandra Pinto, Carmen Voigt, Catherine Carvalho, Edenes Loss, José Ricardo Carvalho, Lorene Anzuategui, Luciana Gabriel, Samantha Gonzalez, pelos momentos de convivência e ensinamentos compartilhados.

À Agrícola Fraiburgo pelo financiamento deste estudo e pela concessão da bolsa.

À Inbramaq pela disponibilização da extrusora para a realização dos experimentos.

Ao Instituto de Tecnologia de Alimentos pelo auxílio na realização das análises de dureza.

Aos meus padrinhos, que sempre me incentivaram, me dando grandes exemplos de fé e coragem.

Aos meus pais, Eder e Regina, e a minha irmã, Jorreni, que sempre me apoiaram com amor e dedicação, me dando força e coragem a conquistar mais esta vitória.

Ao meu marido Rafael Chaek que lutou comigo no momento mais difícil de nossas vidas, me consolando e me dando coragem para prosseguir. Foi muito mais que um companheiro. Agradeço pelo amor dedicado e por me apoiar e me entender nos momento em que estava nervosa e desanimada.

Ao meu filho, Gustavo, que é a minha motivação, pois mesmo tão pequeno foi um grande homem e sempre será meu exemplo de coragem. A você, meu amor, dedico esta conquista, pois você me fez a mulher mais feliz do mundo nestes vinte e um dias que estive comigo. Eu te amo hoje e sempre...

RESUMO

A fibra dietética apresenta propriedades benéficas na prevenção ou tratamento de várias doenças, principalmente, pelo seu efeito metabólico no trato gastrointestinal. O bagaço de maçã oriundo do processamento de extração do suco apresenta uma grande quantidade de fibras, podendo ser utilizado como matéria-prima, para enriquecimento nutricional de diversos produtos, como os extrusados e os biscoitos. Este trabalho teve como objetivo avaliar a aptidão tecnológica do bagaço de maçã para aplicação em produtos extrusados e panificados. O bagaço de maçã foi desidratado e triturado. Para a estimativa da vida de prateleira do bagaço de maçã desidratado, o produto foi acondicionado em filme de polietileno de 60 μ , armazenado a temperaturas de 20, 30 e 40°C. No processo de extrusão o bagaço desidratado foi misturado com o fubá e processado em extrusor de rosca única. Foi utilizado um Planejamento Fatorial 2³, no qual as variáveis independentes foram a umidade da amostra (14 a 22 %), a adição de bagaço de maçã (8 a 24 %) e temperatura (85 a 105°C). Para o processamento do biscoito a massa foi laminada e estampada com o auxílio de forma circular e assados a 200°C. Neste estudo foi utilizado um Planejamento Fatorial 2³, no qual as variáveis independentes foram a adição de bagaço de maçã (10 a 26 %), de gordura (17 a 33 %) e de açúcar (27 a 43 %). As variáveis dependentes consideradas foram a razão de expansão; a dureza; volume específico; absorção de leite e solubilidade e absorção de água. O bagaço de maçã apresentou um teor de fibra que variou de 60 a 75 %. Os fatores limitantes para o prazo de validade do bagaço de maçã desidratado foram o escurecimento e a oxidação dos lipídeos. O aparecimento de odor de ranço e de coloração escura permitiu assegurar um período de 11,5 meses, para as condições do estudo a 20°C. Nos produtos extrusados as propriedades físicas de expansão e de volume específico foram afetadas negativamente pela temperatura, pelo teor de fibra e de umidade. A dureza aumentou com os maiores níveis das variáveis umidade e fibra, porém diminuiu com a elevação da temperatura. O processo de extrusão aumentou o conteúdo de fibras do produto final, comparado com as matérias-primas e diminuiu o conteúdo de lipídeo. A adição de fibras nos biscoitos influenciou negativamente a expansão, porém a interação com os ingredientes gordura, no seu limite inferior, e açúcar, no seu limite superior, permitiu aumentar a dureza e reduzir a porcentagem de absorção de leite. Os produtos extrusados e panificados foram classificados como de elevado conteúdo de fibras. Com a adição de 8% de fibra, e com as demais variáveis no nível inferior, o produto extrusado obteve uma expansão e um volume específico comparável a muitos produtos isentos de fibra. Os biscoitos apresentaram propriedades ideais para manter suas características de textura ao serem consumidos imersos em leite.

Palavras-chave: Subproduto, Fibras, Vida de prateleira, Extrusão, Biscoito.

ABSTRACT

The processing of apples for the extraction of juice gives origin to a solid residue called apple pomace. This material contains a great amount of fibers, which makes it a good ingredient for the nutritional enrichment of various edible products, mainly because of its positive effects in the prevention or treatment of some diseases, mainly, for its metabolic effect in the gastrointestinal tract. The aim of this work was to analyze the technological application of apple pomace in expanded edible products and in cookies. The apple pomace was dehydrated and ground. For the dehydrated apple pomace shelf-life estimative, the product was packed in PE film of 60µm and stored at 20, 30 and 40°C temperatures. In the extrusion process, the apple pomace was with ground cornmeal and tested in a single-screw extruder. A 2³ Factorial Design was tested and the independent parameters were the moisture contents of the sample (14 and 22 %), the addition of apple pomace (8 and 24 %), and the temperature (85 and 105°C). For the cookie processing, the mass was plated, printed and baked at 200°C. A 2³ Factorial Design was tested, and the independent parameters were the addition of apple pomace (10 and 26 %), of fat (17 and 33 %) and of sugar (27 and 43 %). The dependent variables were the expansion, the hardness; the specific volume; the water solubility and absorption and the milk absorption. The apple pomace presented a fiber content that varied of 60 to 75 %. The quality loss of the apple pomace was caused by the darkness and by the development of rancidity flavor due to lipid oxidation. This results suggest that the product stored at 20°C has 11,5 months shelf-life time. In the extrusion process, the physical expansion properties and the specific volume were negatively affected by the temperature, the moisture and the fiber contents. But with the addition of 8% of fiber, and with the other variables at their lowest level, the extruded product presented an expansion and a specific volume comparable to many products that do not contain fiber. The hardness increased as the variables moisture and fiber increased, but decreased when submitted to a higher temperature, which evinced an interaction among these variables. The addition of the fibre in cookies influenced negatively the expansion, however the interaction with the ingredients fat (inferior limit), and sugar (superior limit), allowed to increase the hardness and to reduce the percentage of milk absorption. These characteristics are of interest when a cookie must keep this characteristics of texture, to be consumed immersed in milk. Expanded products and cookies with apple pomace presented a high percentage of dietary fiber.

Keywords: By-product, Fiber; Self life, Extrusion, Cookies

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 -	Fluxograma do processamento de maçã para a obtenção do fermentado e do bagaço de maçã.....	19
Figura 02 -	Equipamento de extrusão modelo RX40 (Inbramaq).....	52
Figura 03 -	Cinética da reação de escurecimento em amostras de bagaço de maçã armazenadas em temperaturas de 20 e 30°C por 6 meses e 40°C por 3 meses.....	70
Figura 04 -	Cinética da alteração do odor do bagaço de maçã, quando armazenada em temperaturas de 20 e 30°C por 6 meses e 40°C por 3 meses.....	73
Figura 05 -	Interpretação geométrica da interação umidade (U) e fibra (F).....	75
Figura 06 -	Amostras dos produtos extrusados enriquecidos com fibras, da esquerda para a direita, bagaço “BL” 50 e 30 %; bagaço tipo “BI” 50 e 30 % e somente de milho.....	76
Figura 07 -	Amostras dos produtos extrusados com 30 % de bagaço, demonstrando alteração no formato, quando submetidos à baixa umidade (10 %).....	78
Figura 08 -	Amostras de produtos extrusados dos diferentes ensaios. A primeira é referente ao ponto central, seguido dos ensaios de 1 a 4 na segunda fileira e dos ensaios 5 a 8 na ultima fileira....	80
Figura 09 -	Relação entre razão de expansão e dureza em função de cada ensaio, em produtos extrusados.....	83
Figura 10 -	Relação entre razão de expansão e o volume específico em função de cada ensaio, em produtos extrusados.....	86
Figura 11 -	Relação entre razão de expansão e solubilidade em água em função de cada ensaio, em produtos extrusados.....	90
Figura 12 -	Relação entre razão de expansão e a absorção de água em função de cada ensaio, em produtos extrusados.....	93
Figura 13 -	Relação entre razão de expansão e a absorção de leite em função de cada ensaio, em produtos extrusados.....	95
Figura 14 -	Relação entre razão de expansão e a dureza em função de cada ensaio, em biscoitos.....	101
Figura 15 -	Relação entre razão de expansão e o volume específico em função de cada ensaio, em biscoitos.....	103
Figura 16 -	Relação entre razão de expansão e a solubilidade em função de cada ensaio, em biscoitos.....	105
Figura 17 -	Relação entre razão de expansão e a absorção de água em função de cada ensaio, em biscoitos.....	107

Figura 18 -	Relação entre razão de expansão e a absorção de leite em função de cada ensaio, em biscoitos.....	108
-------------	---	-----

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 -	Composição físico-química (g/100g de matéria-seca) do bagaço lavado de maçã.....	20
Tabela 02 -	Composição de fibra dietética (g/100g de matéria seca) do bagaço de maçã.....	25
Tabela 03 -	Plano de amostragem para a análise de vida de prateleira do bagaço de maçã conforme a temperatura (dias).....	50
Tabela 04 -	Valores das variáveis independentes e seus correspondentes níveis codificados (x), para os extrusados.....	53
Tabela 05 -	Valores das variáveis independentes e seus correspondentes níveis codificados (x), para os extrusados.....	53
Tabela 06 -	Valores das variáveis independentes e seus correspondentes níveis codificados (x), para os biscoitos.....	54
Tabela 07 -	Composição físico-química dos bagaços de maçã provenientes do processo em bancada de extração de suco da cultivar Fuji e do bagaço industrial	58
Tabela 08 -	Composição físico-química do bagaço final de maçã desidratado (%).....	60
Tabela 09 -	Composição físico-química do fubá (%).....	61
Tabela 10 -	Granulometria do bagaço desidratado e do fubá (% retida).....	61
Tabela 11 -	Umidade do bagaço de maçã (%), armazenado nas temperaturas de 20, 30 e 40°C.....	64
Tabela 12 -	Atividade de água do bagaço de maçã, armazenado nas temperaturas de 20, 30 e 40°C.....	65
Tabela 13 -	pH do bagaço de maçã, armazenado nas temperaturas de 20, 30 e 40°C.....	67
Tabela 14 -	Resultados da avaliação sensorial de cor do bagaço de maçã, armazenado nas temperaturas de 20, 30 e 40°C.....	69
Tabela 15 -	Resultados da avaliação sensorial de odor do bagaço de maçã, armazenado nas temperaturas de 20, 30 e 40°C.....	72
Tabela 16 -	Resultados da razão de expansão (RE) em função da umidade, da quantidade e do tipo de bagaço, em produtos extrusados.....	75
Tabela 17 -	Resultados da razão de expansão (RE); dureza (D) e volume específico (VE) em função da umidade, da quantidade e do tipo de bagaço, em produtos extrusados.....	79
Tabela 18 -	Médias das propriedades físico-químicas dos extrusados enriquecidos com fibra de maçã.....	87
Tabela 19 -	Caracterização físico-química dos extrusados de fibra (%).....	96

Tabela 20 -	Resultados da razão de expansão (RE), da dureza (D) e do volume específico (VE) em função da adição de bagaço, gordura e açúcar.....	98
Tabela 21	Médias das propriedades físicas dos biscoitos enriquecidos com fibra de maçã.....	104
Tabela 22	Caracterização físico-química dos biscoitos de fibra de maçã (%).....	109

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	OBJETIVOS.....	16
2.1	GERAL.....	16
2.2	ESPECÍFICOS.....	16
3	REVISÃO.....	17
3.1	INDUSTRIALIZAÇÃO DA MAÇÃ.....	17
3.2	ALIMENTOS PARA FINS ESPECIAIS.....	21
3.2.1	Fibras.....	22
3.2.2	Fibras de maçã.....	24
3.3	PROCESSO DE DESIDRATAÇÃO.....	26
3.4	VIDA DE PRATELEIRA.....	29
3.4.1	Reações de transformações em alimentos desidratados.....	30
3.4.2	Influencia da embalagem.....	33
3.4.3	Testes acelerados de vida de prateleira.....	34
3.5	DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS.....	35
3.6	PROCESSO DE EXTRUSÃO TERMOPLÁSTICA.....	38
3.7	PANIFICAÇÃO – bolachas ou biscoitos.....	42
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	47
4.1	MATERIAIS.....	47
4.2	MÉTODOS.....	48
4.2.1	Obtenção do bagaço desidratado.....	48
4.2.2	Determinação da vida de prateleira do bagaço desidratado.....	49
4.2.3	Processamento do extrusado.....	52
4.2.4	Processamento do biscoito.....	54
4.2.5	Avaliação física dos produtos extrusados e panificados.....	55
4.2.6	Avaliação das propriedades físico-química dos produtos.....	56
4.2.7	Caracterização físico-química.....	56
4.2.8	Análises microbiológicas.....	57
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
5.1	CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA	58
5.1.1	Granulometria.....	61

5.1.2	Índice de solubilidade e de absorção de água	63
5.2	DETERMINAÇÃO DA VIDA DE PRATELEIRA DO BAGAÇO.....	64
5.2.1	Análises microbiológicas.....	68
5.2.2	Avaliação sensorial.....	69
5.3	PROCESSO DE EXTRUSÃO.....	74
5.3.1	Otimização.....	74
5.3.2	Análises físicas dos produtos extrusados.....	78
5.3.2.1	Razão de expansão.....	79
5.3.2.2	Dureza.....	82
5.3.2.3	Volume específico.....	84
5.3.3	Propriedades físico-química dos produtos extrusados.....	87
5.3.3.1	Índice de solubilidade em água.....	88
5.3.3.2	Índice de absorção de água.....	91
5.3.3.3	Absorção de leite.....	94
5.3.4	Caracterização físico-química dos extrusados.....	95
5.4	PANIFICAÇÃO.....	97
5.4.1	Propriedade físicas dos biscoitos.....	97
5.4.1.1	Razão de expansão.....	99
5.4.1.2	Dureza.....	100
5.4.1.3	Volume específico.....	102
5.4.2	Propriedades físico-química dos biscoitos.....	104
5.4.2.1	Índice de solubilidade em água.....	104
5.4.2.2	Índice de absorção de água.....	106
5.4.2.3	Absorção de leite.....	107
5.4.3	Caracterização físico-química dos biscoitos.....	109
6	CONCLUSÃO.....	110
7	REFERÊNCIAS.....	111

1 INTRODUÇÃO

A fibra dietética se destaca pelas suas propriedades funcionais, pois ajuda a prevenir e tratar doenças, principalmente, pelo seu efeito metabólico no trato gastrointestinal. Apresenta a característica de aumentar o volume fecal, o que resulta em maior peristaltismo intestinal e, assim, na diminuição da constipação. Segundo Pourchet Campos (1998) as fibras podem intervir no metabolismo de lipídios e de carboidratos, além de, assegurar uma absorção lenta dos nutrientes e promover a sensação de saciedade. Desta forma, tem se buscado ingredientes fontes de fibra que possam ser utilizados no enriquecimento de diversos produtos na indústria alimentícia.

O bagaço de maçã, resíduo sólido do processo de extração do suco da fruta, apresenta potencial para este propósito, tanto do ponto de vista econômico quanto nutricional. Segundo o trabalho de Figuerola et al. (2005), o bagaço de maçã lavado tem entre 61 a 90 g de fibra por 100 g de matéria seca, variando conforme o processo de produção. A indústria brasileira de processamento da maçã tem mostrado interesse em alternativas econômicas e tecnologicamente viáveis para a utilização do bagaço, pois este subproduto é geralmente destinado apenas à alimentação animal, sem fins lucrativos.

A obtenção deste ingrediente propiciaria o enriquecimento nutricional de alimentos como “snacks”; cereais matinais; produtos panificados, entre outros. Segundo Bombo (2006), os “snacks” tradicionais de milho contêm 2% de fibras. A adição de fibras nos alimentos não influencia apenas a sua qualidade nutricional, mas afeta significativamente as propriedades físicas e sensoriais do produto final. Segundo El-dash e Germani (1994), a utilização das farinhas mistas com adição de fibras somente

será vantajosa, do ponto de vista tecnológico, se a adição de farinhas enriquecidas com fibra não prejudicar a qualidade.

Melhorar nutricionalmente os produtos que fazem parte do hábito de consumo da população representa uma medida de saúde pública (CAPRILES; AREAS, 2005). A obtenção da fibra do bagaço de maçã possibilitaria agregar valor tanto ao subproduto quanto aos produtos em que este novo ingrediente será adicionado. Para este desenvolvimento seria necessário otimizar alguns aspectos de qualidade do produto final, relacionados as propriedades físicas, como a expansão e a dureza, que podem ser afetadas pela adição de fibra. Este estudo possibilita, assim, definir parâmetros tecnológicos do processo de extrusão e de panificação, além da obtenção de formulações ideais para diferentes teores de fibras.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Aproveitamento tecnológico do bagaço de maçã desidratado em produtos panificados e extrusados.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Caracterizar físico-quimicamente os bagaços de maçã desidratados;
- 2) Realizar testes acelerados de vida de prateleira para os bagaços desidratados;
- 3) Verificar a adequação dos bagaços desidratados de maçã para a obtenção de produtos extrusados e panificados.

3 REVISÃO

3.1 INDUSTRIALIZAÇÃO DA MAÇÃ

Em 1970 se iniciou o processo de implantação da cultura da maçã no Sul do Brasil e devido a uma rápida evolução, associada a incentivos políticos e tecnológicos, a produção tornou-se suficiente para abastecer grande parte do território nacional. A maçã tem sido produzida nos Estados da Região Sul do país, sendo as principais variedades comercializadas a Gala e a Fuji. A produção nacional de maçã para a safra 2007/2008 foi de aproximadamente 824.900 toneladas (ABPM, 2008).

O abastecimento do mercado interno, face ao nível de exigência do consumidor brasileiro, mobiliza um procedimento agroindustrial de beneficiamento rigoroso, que desqualifica cerca de 30 % da produção, compreendendo as denominadas maçãs industriais e o descarte, propriamente dito (WOSIACKI; NOGUEIRA, 2005). Em 2004, a disponibilização de 250.000 toneladas de maçãs industriais pressionou o setor agroindustrial de maçãs a encontrar alternativas de agregação de valor à matéria prima com a produção de sucos concentrados e produtos fermentados, como a sidra (WOSIACKI, 2004).

No Brasil não se cultiva maçã para industrialização e desta forma, acabam sendo destinadas para este fim, as frutas inadequadas para a comercialização *in natura* (CTENAS, 2000). A maçã apresenta características favoráveis para a industrialização e dela podem ser obtidos produtos de boa aceitação (WOSIACKI; NOGUEIRA, 2005). Assim, após passarem por uma primeira seleção, as maçãs cuja forma, cor, tamanho e aparência da casca apresentem melhor aspecto comercial, devem ser embaladas para

o consumo *in natura* e as frutas com algum dano de qualidade ou fora das especificações destinadas à fabricação de produtos tais como suco, sidra, vinagre, álcool, geléias, compotas e doces (ABPM, 2003).

A matéria-prima pode ser processada à medida que chega à indústria, sem que exista uma separação de cultivares constituindo, assim, numa mistura de frutas de cultivares comerciais (WOSIACKI; NOGUEIRA, 2005). Para o processamento (Figura 01) as frutas são selecionadas para eliminação daquelas contaminadas ou deterioradas, lavadas com água por aspersão ou imersão e, posteriormente, trituradas em moinhos de facas. Após a trituração é realizada a extração em prensas de pistão ou de esteiras (WOSIACKI; CHERUBIN; SANTOS, 1999).

O bagaço compreende as cascas e polpas (94,5 %), as sementes (4,4 %) e os centros (1,1 %). No conjunto de componentes de matéria-seca se incluem todos os presentes na maçã, porém em quantidades variáveis, mas mesmo assim com significado tecnológico. O bagaço de maçã tem um conteúdo de água variável, de acordo com os procedimentos tecnológicos de extração, podendo apresentar, de 75 a 87 g/100g e de 12 a 25 % de matéria-seca (WOSIACKI; NOGUEIRA, 2005). Trata-se de um material susceptível à deterioração por microrganismos e, portanto, a disposição inadequada deste pode acarretar problemas de impacto ambiental (KENNEDY et al., 1999).

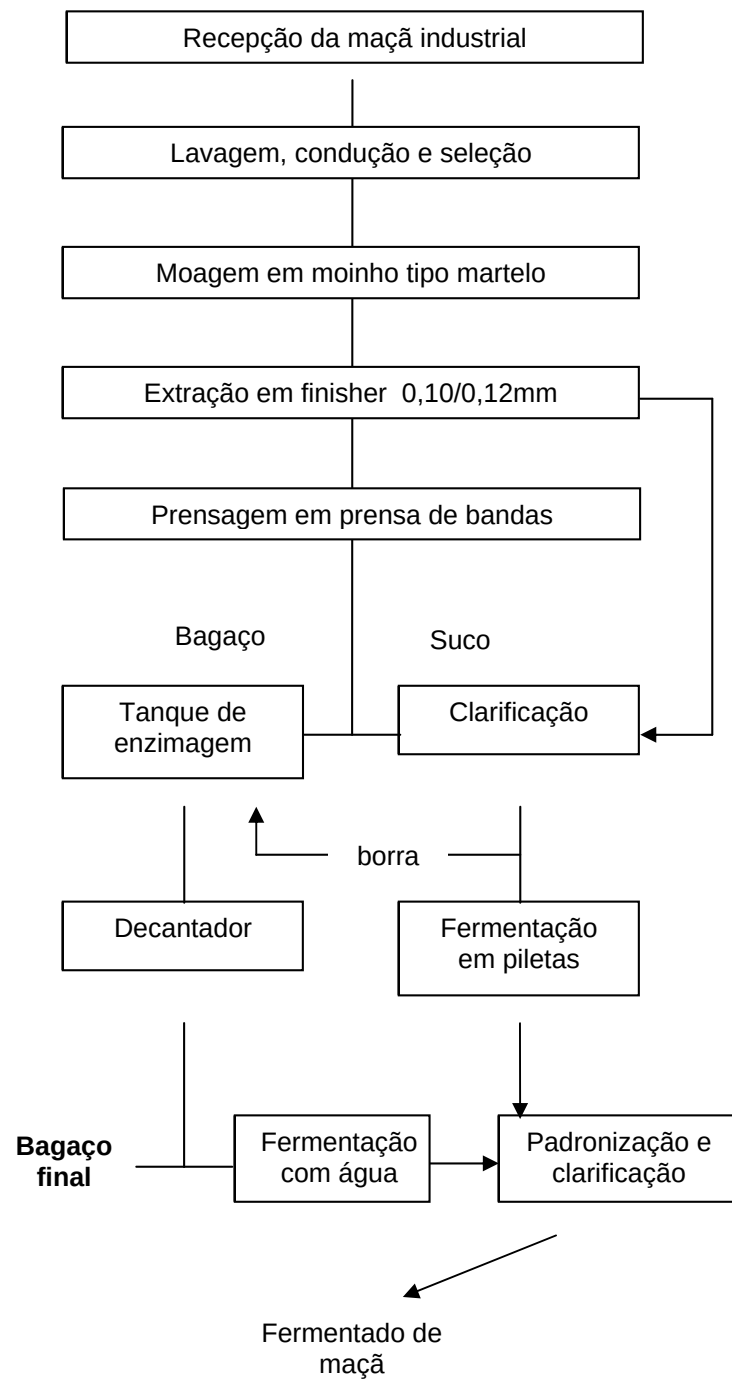


Figura 01- Fluxograma do processamento de maçã para a obtenção do fermentado e do bagaço de maçã
Fonte: Agrícola Fraiburgo (2008)

Fertonani et al. (2006) encontraram em bagaço de maçã, lavado, da cultivar Joaquina, cerca de 30 % de açúcares totais e 36 % de fibras. Os autores destacaram o fato de que as características de qualidade físico-química dependem das operações de beneficiamento, além das diferenças varietais. Segundo Paganini et al. (2005) o processo de lavagem promove o esgotamento dos sólidos solúveis, concentrando as fibras. Este processo de esgotamento agrega valor ao resíduo, como alimento para ruminantes ou para uma indústria de extração de pectina. Além disso, o extrato obtido apresenta elevado teor de sólidos solúveis e nutrientes, que pode ser empregado para fermentação alcoólica.

Figuerola et al. (2005) analisaram o bagaço de maçã lavado e desidratado, em relação a sua composição físico-química, o que pode ser visualizado na Tabela 01.

Tabela 01 – Composição físico-química (g/100g de matéria-seca) do bagaço lavado de maçã

Maçã	Proteína	Lipídio	Cinzas	Fibras	Carboidrato	Umidade
Royal Gala	3,12	1,57	1,88	78,2	13,3	2,46
Granny Smith	3,68	4,46	1,24	60,7	28,9	2,00
Liberty	3,64	2,44	0,56	89,8	1,27	2,50

Fonte: Adaptado de Figuerola et al. (2005).

A literatura descreve e/ou sugere aplicações do bagaço que compreendem desde a alimentação animal, modificação e/ou incorporação em alimentos, produção de álcool, pectinas e extração de fibras (KENNEDY et al., 1999; RAUPP et al., 2000; PAGANINI et al., 2005; FIGUEROLA et al. 2005; FERTONANI et al. 2006).

3.2 ALIMENTOS PARA FINS ESPECIAIS

Alimentos modificados em sua composição de fibra devem ser considerados para fins especiais. Segundo Portaria nº 29, de 13 de janeiro de 1998, consiste em produtos especialmente formulados ou processados, nos quais se introduzem modificações no conteúdo de nutrientes, adequados à utilização em dietas diferenciadas e ou opcionais, atendendo às necessidades de pessoas em condições metabólicas e fisiológicas específicas (BRASIL, 1998). Segundo Candido e Campos (1996) se incluem neste grupo, alimentos para lactantes, crianças e atletas, modificados em seu valor energético e em sua composição, seja protéica, lipídica, de açúcares, de sódio e de fibras.

Muitos benefícios têm sido associados ao consumo da fibra dietética, sendo que está incluída no rol dos alimentos funcionais definidos como aqueles que podem ajudar a melhorar as funções vitais, ajudando inclusive a prevenir e/ou tratar moléstias (POURCHET-CAMPOS, 1998). A portaria nº 398 de 30/04/99, da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde no Brasil fornece a definição legal de alimento funcional "todo aquele alimento ou ingrediente que, além das funções nutricionais básicas, quando consumido como parte da dieta usual, produz efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica".

Os alimentos funcionais desempenham funções além das nutricionais (LEORO, 2006). Segundo Barros Filho (2004), deve ser considerada alegação funcional quando se refere ao papel que o nutriente ou não nutriente desempenha no crescimento, desenvolvimento, manutenção das funções no organismo, por outro lado a alegação de

saúde, relaciona o alimento com uma doença ou condição de saúde. Segundo Pourchet-Campos (1998), as fibras podem intervir no metabolismo de lipídios e carboidratos e na fisiologia do trato gastrointestinal, além de, assegurar uma absorção mais lenta dos nutrientes e promover a sensação de saciedade

No Brasil, por meio da Resolução Normativa nº 27 da Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária, se estabelece, no regulamento técnico referente à informação nutricional complementar, que um alimento pode ser considerado fonte de fibra alimentar quando no produto acabado existirem 3 g/100 g de fibras para alimentos sólidos e 1,5 g/100 mL de fibras para líquidos, com o dobro deste conteúdo se considerado um alimento com elevado conteúdo de fibra alimentar (BRASIL, 1998).

3.2.1 Fibras

As fibras compõem a parede celular de vegetais, tendo como função essencial conter o protoplasma da célula e evitar sua ruptura sob o efeito da pressão de turgescência. As paredes celulares ligadas pelas pectinas fornecem a estrutura que serve de suporte aos tecidos do fruto e impedem sua degradação (AWAD, 1993). Consideram-se fibras alimentares todos os polissacarídeos da dieta (celulose, hemicelulose, pectinas, gomas e mucilagens), mais a lignina (COPPINI et al., 2002). Na parede celular, os polímeros de celulose, hemicelulose e pectina se apresentam ligados, sendo difícil a extração isolada. O ser humano não produz enzimas capazes de digerir esses polímeros, o que ocasiona a passagem da maioria deles pelo trato intestinal com poucas alterações em sua estrutura (BUCKERIDGE; TINÉ, 2001).

As fibras se dividem em solúveis e insolúveis. As pectinas, gomas, mucilagens e certas hemiceluloses devem ser consideradas como fibras solúveis. Desta maneira, a celulose, a lignina e grande parte das hemiceluloses como insolúveis (BUCHANAN, 2000). A proporção desses polímeros varia conforme o órgão da planta, o seu grau de maturidade e aos processos tecnológicos envolvidos no seu beneficiamento (POURCHET-CAMPOS, 1998). Como consequência desta diferença em sua capacidade de hidratação, os dois tipos de fibras exibem efeitos fisiológicos distintos (MARINQUE; LAJOLO, 2001).

À fração insolúvel da fibra se atribui o aumento do volume do bolo fecal, que garante o peristaltismo intestinal e evita a constipação, diminuindo o risco do aparecimento de hemorróidas e diverticulítes. Desta forma, se admite que a quantidade de fibra ingerida deve ser inversamente proporcional ao tempo de transito intestinal e diretamente proporcional ao peso e volume das fezes (GUIMARÃES; GOULART; PENNA, 2001). A fração solúvel, por sua vez, aumenta a viscosidade do conteúdo intestinal, age sobre o metabolismo dos carboidratos melhorando o perfil da resposta insulínica, além do efeito hipocolesterolêmico e da provável prevenção de câncer de cólon (POURCHET-CAMPOS, 1998). As substâncias pécticas participam ativamente no processo de alimentação humana com implicações benéficas no equilíbrio hídrico e na motilidade intestinal (WOSIACKI; NOGUEIRA, 2005).

Alimentos ricos em fibras apresentam importante efeito no metabolismo lipídico, sendo as fibras solúveis efetivas na redução do colesterol sérico. O efeito hipocolesterolêmico das fibras solúveis ocorre pela redução na absorção intestinal de lipídios, de colesterol e de ácidos biliares, com conseqüente aumento na excreção fecal, o que acarreta em uma melhora no perfil lipídico dos indivíduos portadores de

doenças cardiovasculares. Além disso, as fibras alimentares interferem na biossíntese hepática de colesterol a partir da inibição da hidroximetilglutaril-CoA redutase (HMG-CoA redutase), através do ácido propiônico formado pela fermentação no cólon (GREGORIO; AREAS; REYES, 2001).

A redução de tamanho da partícula devido a processos como a trituração ou a moagem, influenciará no comportamento da fibra no trato gastrointestinal, pois quanto menor a partícula, menor a capacidade de inchamento da fibra (MANRIQUE; LAJOLO, 2001). Os tipos de processos que envolvem a aplicação de calor e pressão como a extrusão podem causar transformações físico-químicas complexas nas fibras do alimento, o que pode modificar suas características de solubilidade e absorção de água, conforme verificado por Larrea, Chang e Martinez-Bustus (2005).

Em estudo com cenouras, Marinque e Lajolo (2001) verificaram que o tempo e a temperatura empregada em qualquer processo térmico foram diretamente relacionados com a ruptura de enlaces glicosídicos presentes nos constituintes das fibras. Permia; Infante e Ochoa (2001), verificaram um aumento do conteúdo de fibra solúvel depois do aquecimento, provavelmente, devido a solubilização da fibra insolúvel, após a exposição a alta temperatura em curto período de tempo.

3.2.2 Fibra de maçã

Raupp et al. (2000) encontraram em bagaço desidratado de maçã 91,91 % de fibra alimentar, sendo 82,2 % de fração insolúvel e 9,64 % da fração solúvel. Os autores verificaram que a incorporação deste bagaço rico em fibras na dieta dos ratos produziu efeitos funcionais-digestivos e nutricionais próprios da fibra alimentar insolúvel. Na

concentração de 15 % ou 25 %, o bagaço resultou em mais defecações, maior peso de fezes seca e densidade, porém produziu fezes seca de menor volume, quando comparado com o farelo de soja. Desta forma, o autor concluiu que o bagaço de maçã pode ser considerado como uma fonte alternativa e potencial de fibra alimentar para a formulação de alimentos.

Nawirska e Kwasniewska (2005) analisaram a composição de fibras alimentares em subprodutos do processamento de frutas. Ao analisarem o bagaço de maçã obtiveram 12 % de pectina, 24 % de hemicelulose, 44 % celulose e 20 % de lignina. Figuerola et al. (2005) analisaram o bagaço de maçã lavado e desidratado, em relação a sua composição em fibra (Tabela 02)

Tabela 02 - Composição de fibra dietética (g/100g de matéria seca) do bagaço de maçã

Fibras	Insolúvel	Solúvel	Total	Insolúvel/Solúvel
Royal Gala	63,9	14,33	78,2	4,5:1
Granny Smith	56,5	4,14	60,7	12,9:1
Liberty	81,6	8,2	89,8	9,9:1

Fonte: Adaptado de Figuerola et al. (2005).

Os valores totais de fibras, acima de 60 % em base seca sugerem possíveis usos no desenvolvimento de alimentos enriquecidos com fibras (FIGUEROLA et al., 2005). A fibra dietética de cereais tem sido mais utilizada que a proveniente de frutas, entretanto, as fibras de frutas têm melhor qualidade devido a maior fração solúvel; a maior capacidade de retenção de água, além do menor conteúdo de ácido fítico (MO-MIGUEL; N-BELLOSO, 1999).

3.3 PROCESSO DE DESIDRATAÇÃO

A diminuição da umidade dos alimentos representa um dos métodos mais antigos utilizados para a sua conservação. Além do efeito conservante, a desidratação aumenta a eficácia dos processos de transporte e armazenamento mediante a redução do peso e do volume do alimento. A água deve ser eliminada dos alimentos mediante sua difusão, em fase líquida e/ou em vapor, através de sua estrutura interior. O movimento da água se seguirá de sua evaporação em algum ponto no interior do alimento. Assim o fluxo de água ocorre em função do gradiente da pressão de vapor, da difusividade do vapor no ar, da distancia a percorrer e da temperatura (SINGH, 1998).

O calor necessário para conseguir a evaporação da água dos alimentos, pode ser transferido por condução, por convecção e por radiação, que geralmente se combinam, embora predomine uma delas (ORDÓÑEZ et al., 2005). A transferência de calor por convecção tem sido o meio mais utilizado na secagem comercial, em que um fluxo de ar aquecido passa através da camada do produto (MELONI, 2003). O ar aquecido apresenta duas finalidades. A primeira consiste em conduzir calor ao alimento, o que acarreta o aumento da pressão da água, facilitando a evaporação (GAVA, 1999). Parte do calor do ar de secagem proporciona um aumento da temperatura do produto (calor sensível) e parte fornece o calor necessário para a vaporização da água contida no produto (calor latente). A segunda função do ar aquecido deve ser absorver umidade do produto (MELONI, 2003).

A transmissão de calor se relacionada com a diferença de temperatura e do gradiente de pressão existente entre a superfície e o interior de um alimento, o que resulta na difusão do vapor de água. Este fluxo de matéria e calor dentro do alimento

ocorre a nível molecular, onde o calor transmitido depende da condutividade térmica do alimento e o fluxo de água será proporcional a difusão molecular do vapor de água no ar. A eliminação da umidade do produto, na superfície do mesmo, deve ser controlada por mecanismos de transferência de matéria, através da convecção (SINGH, 1998). A velocidade de secagem pode ser afetada pelas propriedades do ar de secagem e da matéria prima. As propriedades do ar são a temperatura, a umidade e a sua velocidade. As propriedades da matéria-prima consistem no tipo e na variedade do material, no conteúdo em umidade, na área superficial e na porosidade (GAVA, 1999).

A eliminação de água de um alimento ocorre em uma série de etapas diferenciadas entre si pela velocidade. Na etapa inicial há um rápido aquecimento do produto e da água contida em sua superfície, seguida de uma importante redução do conteúdo de água, tornando a velocidade de secagem constante. Na maioria dos casos, esta etapa de velocidade constante, se finalizará ao alcançar a umidade crítica posteriormente, haverá um ou vários períodos de velocidade de secagem decrescentes. A umidade crítica pode ser identificada por uma queda brusca na curva da velocidade de secagem (SINGH, 1998). Segundo Meloni (2003), a velocidade decrescente de secagem se relaciona com endurecimento superficial do alimento, dificultando a passagem do calor para o seu interior e do vapor de água para o exterior. Isto ocorre, segundo Ordóñez et al. (2005), quando a secagem inicial ocorre muito rápida, ocasionando uma retração da camada externa do alimento, que se comporta como uma película dura e impermeável. Em alguns casos a formação da crosta se deve à concentração de açúcares que podem, inclusive, se cristalizar ou formar uma camada amorfa de aspecto pegajoso e impermeável, dificultando a passagem do vapor de água.

Os equipamentos de desidratação podem ser classificados de acordo com a maneira que o calor é transferido. Na secagem com ar quente, o alimento deve ser exposto a uma corrente de ar a altas temperaturas proporcionando calor ao produto por convecção (SINGH, 1998). A secagem por contato direto com uma superfície quente proporciona calor por condução, como ocorre com o secador de tambor (SILVA, 2000).

A tecnologia de secagem contínua se baseia na suspensão em alta turbulência do material úmido, por fluxo de ar quente, num trajeto horizontal, combinando efeitos térmicos de condução e convecção. A alta agitação garante a exposição da superfície do produto ao contato com a parede aquecida do equipamento para a evaporação, sendo os vapores produzidos succionados ao longo do trajeto. O equipamento propicia a manutenção do material em contato com a parede. O aquecimento gerado no interior da camisa coaxial, em torno do módulo cilíndrico (onde o material a ser seco se encontra), por vapor, óleo ou outros fluidos térmicos (VOMM, 2007).

O Equipamento Turbo Dryer da Empresa Vomm permite o abastecimento contínuo e constante do material (independente de sua umidade e consistência) e a regulação da velocidade de rotação do mecanismo agitador, das temperaturas do fluxo de ar e da parede interna da máquina. A dispersão do produto em camada fina permite uma otimização do tempo de permanência do produto no interior do equipamento, mantendo suas características físicas e químicas (VOMM, 2007).

Embora o teor de umidade seja um parâmetro importante na conservação de um alimento, a atividade de água apresenta-se mais adequada, por representar a água disponível ou o estado da água que melhor se correlaciona com as mudanças durante o armazenamento dos alimentos, tanto as biológicas, quanto as físicas e as químicas (JARDIM, 2004). A atividade de água de um alimento se define como sendo a relação

existente entre a pressão parcial de vapor de água e a pressão parcial de vapor de água pura, a uma determinada temperatura (FRANCO, 2004)

A maioria das bactérias não cresce em condições de atividade de água abaixo de 0,91 e bolores abaixo de 0,80; alguns fungos xerófitos podem crescer em até 0,65. Os alimentos desidratados apresentam atividade de água próxima de 0,60; desta forma, quando acondicionados adequadamente, outras reações de deterioração, tais como o escurecimento ou descoloração e a oxidação, são as que deverão definir sua vida de prateleira. O valor da atividade de água do alimento pode alterar a sensibilidade dos microrganismos ao calor, luz e substâncias químicas, tendo geralmente esta sensibilidade aumentada a valores de atividade de água maiores (JARDIM, 2004).

3.4 VIDA DE PRATELEIRA

Os alimentos apresentam constante atividade biológica, manifestada por alterações de natureza química, física, microbiológica ou enzimática, que levam à perda da qualidade (SARANTOPÓULOS, 2001). A vida de prateleira de um alimento consiste no tempo em que ele pode ser conservado em determinadas condições de temperatura, umidade relativa, luz, gases, entre outros fatores, sendo suas alterações consideradas aceitáveis pelo fabricante, pelo consumidor e pela legislação alimentar vigente (VITALI; QUAST, 2004)

Pelos alimentos serem sistemas complexos, se torna difícil identificar e isolar uma única reação química, cujo mecanismo possa explicar completamente as mudanças observadas durante a alteração da qualidade, em função do tempo (TEIXEIRA NETO; MOURA, 2004). Para estimar a vida de prateleira de um alimento

deve se conhecer os mecanismos e a cinética das principais reações de deterioração. A vida útil de um produto tem sido considerada uma informação estratégica das empresas, que podem gerenciar melhor a distribuição e informar as condições de conservação aos consumidores (MOURA et al., 2007).

A vida de prateleira de um alimento depende basicamente de quatro fatores: da formulação, do processamento, da embalagem e das condições de estocagem. Na formulação se destaca a qualidade dos ingredientes e o uso de aditivos adequados. Com relação ao processamento, este deve ser conduzido dentro de condições que inibam reações de deterioração. A embalagem e as condições de estocagem têm que ser definidas em função das características de cada produto, de acordo com os parâmetros de luz, umidade relativa, temperatura, gases e pressão (TEIXEIRA NETO; MOURA, 2004).

3.4.1 Reações de transformação em alimento desidratados

Várias reações podem influenciar a qualidade e a vida de prateleira em alimentos desidratados, entre as mais comuns se tem as alterações por oxidação de lipídeos, por ganho de umidade do meio e por escurecimento enzimático e não-enzimático (TEIXEIRA NETO; MOURA, 2004). A cor, segundo Endo et al. (2007), influencia a aceitabilidade do produto pelo consumidor. Alterações de coloração podem ser provocadas pela degradação de constituintes com valor nutricional, o que promove gosto desagradável no produto.

O escurecimento enzimático, comum em frutas, ocorre pela ação de duas enzimas. A enzima peroxidase (POD) catalisa a oxidação de um aceptor, geralmente

um composto fenólico, formando um composto escuro. A polifenoloxidase (PPO) oxida os compostos fenólicos com formação de quinonas, que têm um papel fundamental na formação das melaninas, de coloração escura (LADEROZA; DRAETTA, 1988).

Os tratamentos térmicos comercialmente utilizados em sucos de frutas, como a temperatura elevada por curto tempo apresentam pouca ação para uma inativação irreversível, principalmente, da peroxidase. Durante o tratamento térmico ocorre, apenas, um decréscimo quase contínuo da atividade de peroxidase e polifenoloxidase. Na maçã, a maior atividade enzimática da peroxidase se encontra na casca (VALDERRAMA, 2001).

As enzimas quando ativas têm grande dependência da atividade de água do alimento (TEIXEIRA NETO; MOURA, 2004). As reações enzimáticas ocorrem lentamente ou cessam em atividade de água inferior a 0,40, isto devido à falta de mobilidade do substrato aos pontos ativos das enzimas, uma vez que a água está toda imobilizada, na forma de uma monocamada, na matriz do alimento. Em atividade de água acima de 0,40 a velocidade da reação enzimática aumenta (JARDIM, 2004).

O escurecimento não-enzimático ocorre por meio de uma série de reações entre um composto redutor (carboidrato) e um grupo aminado (aminoácido/proteína), resultando em um sabor amargo, pigmentação escurecida (melanoidinas), perda da digestibilidade/solubilidade de proteínas e sabor/odor envelhecido (BOBBIO; BOBBIO, 1992).

As reações de escurecimento não enzimático atingem o máximo de velocidade em teores de atividade de água intermediários, entre 0,60 e 0,80, acima deste valor o efeito da diluição dos reagentes passa a preponderar, reduzindo a

velocidade. O ponto de máxima degradação da qualidade pode mudar, dependendo do tipo do aminoácido presente no alimento (JARDIM, 2004).

O processo de rancificação resulta em odores e sabores estranhos (LIMA, 2002). Esse tipo de reação, comum em alimentos desidratados, pode, em muitos casos, representar o principal mecanismo de deterioração (TEIXEIRA NETO; MOURA, 2004). Os centros de insaturação dos ácidos graxos podem ser facilmente oxidados por vários agentes oxidantes, com formação de compostos cuja composição e estrutura vão depender da natureza dos reagentes oxidantes e das condições de reação (BOBBIO; BOBBIO, 1992). Existem dois tipos de rancidez, a hidrolítica e a oxidativa. A primeira ocorre devido à ação de lipases que catalisam a hidrólise dos triglicerídeos, liberando ácidos graxos. A segunda pode ocorrer por via enzimática pela ação das enzimas lipoxigenases ou através da autooxidação ou da fotoxidação. Na rancidez oxidativa ocorre a reação do oxigênio atmosférico com os ácidos graxos insaturados produzindo peróxidos e hidroperóxidos que por uma série de reações paralelas geram compostos como aldeídos, cetonas, álcoois e outros, responsáveis pelas características de produtos rancificados (BOBBIO; BOBBIO, 1992; LIMA, 2002).

A oxidação dá origem a vários produtos intermediários dos radicais livres, os quais podem reagir com as proteínas, causando perda de solubilidade ou de seu valor biológico, além de reagir com pigmentos solúveis em óleo, causando perda de coloração e com vitaminas, resultando na perda de sua eficácia (TEIXEIRA NETO; MOURA, 2004). Mas a perda das qualidades sensoriais causa o efeito mais visível decorrente deste processo, pois, os compostos voláteis formados podem fazer com que o alimento seja rejeitado mesmo estando em concentrações muito baixas (LIMA, 2002).

A atividade de água afeta a oxidação de lipídeos. De modo geral, em atividades de água menores de 0,20, a velocidade de reação ocorre rapidamente, provavelmente pela ausência da camada molecular de água em alguns pontos que expõem a matriz do alimento. Entre 0,20 e 0,50 representa os níveis mais baixos de velocidade, pois a água age como uma barreira protetora de oxidação, formando pontes de hidrogênio com os peróxidos, produzidos nas reações de radicais livres e impedindo-os de se decompor. Em atividade de água acima de 0,50, a reação passa a aumentar, por elevar a mobilidade dos reagentes e por desaparecer seu efeito protetor. Acima de 0,70, o fator de diluição dos reagentes passa a preponderar desacelerando a reação (JARDIM, 2004).

3.4.2 - Influencia da embalagem

As deteriorações dos alimentos durante o armazenamento pode ser minimizada ou evitada pelo uso de embalagens adequadas, que atendam aos requisitos de proteção específicos para cada alimento. As embalagens limitam o contato dos alimentos com o oxigênio e a absorção de água do ambiente (LIMA, 2002).

Segundo Sarantópoulos (2002) o polietileno consiste em um material resistente, com transparência, facilidade de termossoldagem e baixo custo. Apresenta barreira ao vapor de água, variando seu grau de proteção de acordo com sua espessura e sua densidade, além da influencia da temperatura ambiente. Porém, não tem uma barreira adequada ao oxigênio. Vasquez et al. (2006), avaliaram a vida de prateleira de maçãs desidratadas em diferentes embalagens, sendo o critério de avaliação a umidade do produto. Ao longo de 360 dias, o ganho de umidade das

cultivares Fuji e Gala, foi maior para o armazenamento em embalagens de Pet Saran/Pe (Polietileno Tereftalato, Copolímero de Cloreto de Vinil, Vinilideno e Polietileno), justamente por estas embalagens apresentarem um valor de permeabilidade ao vapor de água 370 vezes maior que o valor para as embalagens de Pet/Al/Pe (Polietileno Tereftalato, Alumínio e Polietileno) e PP/Al/Pe (Polipropileno, Alumínio e Polietileno). As embalagens metalizadas têm maior barreira quanto ao ganho de umidade, sendo recomendadas para armazenamento de maçãs desidratadas.

A permeabilidade dos filmes plásticos aumenta com a temperatura, resultando em uma maior passagem do vapor de água (VITALI; QUAST, 2004). As reações enzimáticas, o escurecimento não enzimático, diversos processos de hidrólise e diversos processos de deterioração ocorrem em velocidades insignificantes, desde que a embalagem e as condições de armazenamento permitam manter a atividade de água nos valores obtidos ao final da desidratação e que a temperatura de conservação seja inferior a 12°C (ORDÓÑEZ et al., 2005).

3.4.3- Testes acelerados de vida de prateleira

Um produto estável, em condições ideais de armazenamento, exige um tempo prolongado para a determinação de sua vida de prateleira. Porém, as empresas necessitam que estes resultados sejam definidos rapidamente, sendo a solução deste problema, os testes acelerados de vida de prateleira (TEIXEIRA NETO; MOURA, 2004). Estes testes consistem no armazenamento do produto de interesse sob condições ambientais definidas e controladas, de forma a acelerar as taxas de transformação,

resultando em um tempo reduzido de estudo, para se estimar o prazo de validade (VITALI; TEIXEIRA NETO; GERMER; 2004).

Moura et al. (2007) determinaram a vida de prateleira de maçã passa por testes acelerados, sendo que as mesmas foram acondicionadas em embalagens de polietileno de 140 μ e armazenadas em câmaras com temperatura controlada: 5°C (UR ~ 90 %) - controle; 25°C (UR ~ 70 %) – ambiente; e 35°C (UR ~ 40 %) - acelerado. Utilizaram como critérios para determinar a vida de prateleira análises físico-químicas (umidade, atividade de água) Físicas (cor e textura) e sensoriais. Devido a presença da embalagem, a umidade e a atividade de água permaneceram constantes nas temperaturas de 5 e 25°C, havendo um declínio de 20 %, para temperatura de 35°C, durante os 179 dias de acompanhamento.

Endo et al. (2007) avaliaram a vida de prateleira do suco de maracujá desidratado, e os parâmetros utilizados foram as análises microbiológicas e análises de umidade, solubilidade, molhabilidade e cor. Com relação à umidade, foi possível verificar que até 120 dias de armazenamento houve uma acentuada absorção de água pelo produto puro (121,3 % a 30°C e 159,3 % a 40°C) em relação ao produto misturado com açúcar (70,4 % a 30°C), seguido de uma queda aos 180 dias para o suco natural nas duas temperaturas (55,91 % a 30°C e 30,79 % a 40°C) e também para o suco misturado na temperatura de 30°C (22,6 %).

3.5 DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS

O desenvolvimento de produtos deve ser orientado para o consumidor, levando em conta suas necessidades, desejos e valores. Um novo produto precisa ter uma clara

diferenciação dos existentes no mercado e com evidente acréscimo de valor para o consumidor (BAXTER, 1998). A base dos trabalhos de desenvolvimento consiste na formulação da tarefa, considerando a situação da empresa, do mercado consumidor e do cenário atual, além das tendências e dos aspectos legais. Isto propiciará ao encontro e seleção de novas idéias de produtos e a elaboração de listas de requisitos, tanto para o desenvolvimento do projeto, quanto para as etapas de trabalho subseqüentes. Este planejamento permite identificar a existência problemas na idéia e a real necessidade de materiais e de recursos tecnológicos. Somente após todas estas etapas, o produto pode ser liberado para a produção, com as prescrições e os custos definidos, em um documento denominado de “briefing” (PAHL, 2005).

Quanto melhor for o planejamento do produto, menos tempo será gasto na etapa de desenvolvimento, diminuindo falhas e custos, o que aumenta as chances de sucesso comercial. Os produtos que chegarem à etapa final de desenvolvimento com falhas adicionais ou soluções de engenharia incompletas podem causar grandes problemas. Quanto mais demorada for a sua correção, maiores serão as conseqüências. Se os defeitos chegarem ao mercado, poderão provocar sérios danos a reputação da empresa, além dos custos adicionais de um *recall* e assistência técnica para corrigir os defeitos, sem falar nas demandas judiciais que os consumidores poderão mover contra a empresa (BAXTER, 1998).

Em geral, os produtos só obtêm êxito quando satisfazem a necessidade do consumidor, marcando presença no mercado na hora certa “time to market”; e possibilitando preços praticáveis. O custo de produção e de desenvolvimento de projeto de um produto serve de base para a determinação do preço final (PAHL, 2005).

Segundo (BAXTER, 1998), o maior prejuízo causado pelo atraso no desenvolvimento, consiste na perda de oportunidade no mercado, embora isso seja difícil de quantificar.

A análise sensorial intervém nas diferentes etapas do ciclo de desenvolvimento de produto, como na seleção e caracterização de matérias-primas, na seleção do processo de elaboração, no estabelecimento das especificações das variáveis das diferentes etapas do processo, na otimização da formulação, na seleção dos sistemas de envase e das condições de armazenamento e no estudo de vida útil do produto final (BARBOZA et al., 2003). A avaliação sensorial faz uso dos sentidos humanos para medir as reações produzidas pelas características dos alimentos através da aplicação de testes (TEIXEIRA et al., 1987).

O teste de comparação múltipla verifica se existe diferença significativa entre vários tratamentos e estima o grau dessa diferença. O provador recebe uma amostra padrão e outras amostras codificadas, onde uma delas é igual ao padrão. Todas as amostras devem ser avaliadas quanto as diferenças em relação ao padrão, não sendo comparadas entre si (FARIA; YOTSUYANAGI, 2002).

As amostras testes precisam ser preparadas de forma uniforme, considerando sua temperatura (MORAIS, 1978). Para a avaliação sensorial de cor se utiliza luz artificial fluorescente, o que facilita a condição de padronização. A visualização de produto deve ser realizada em ângulo de 90° (QUEIROZ; TREPTOW, 2006). Para a avaliação de odor, os provadores devem fazer aspirações curtas e evitar inalações profundas e longas, mantendo a boca fechada durante o processo de aspirações. A adaptação olfativa, apesar de ser um efeito temporário, deve ser considerado, pois um odor pode parecer mais fraco à medida que subseqüentes

aspirações vão sendo realizadas. Portanto, se recomenda intervalos de aproximadamente 30 segundos entre as amostras (DUTCOSK, 1996).

3.6 PROCESSO DE EXTRUSÃO TERMOPLÁSTICA

A tecnologia de extrusão se tornou um dos principais processos no desenvolvimento de produtos. O processo de extrusão permite produzir modificações pela compressão da matéria-prima amilácea, forçada contra uma matriz ou molde, em condições de mistura, aquecimento e pressão, que levam à gelificação do amido (LEONEL et al., 2006). Na extrusão, os grãos e outros ingredientes devem ser misturados e cozidos sob pressão e alta temperatura no cilindro e encaminhados contra a matriz por uma rosca, sendo depois cortada em pedaços individuais (HUBER, 2002). O processo de extrusão resulta em modificações no alimento e no desenvolvimento do “flavor” durante um processo de cozimento bem curto (WANG; CHESSARI; KARPIE, 2001).

Há uma série de operações que podem ser realizadas em um extrusor, tais como o aquecimento, o resfriamento, o transporte, o bombeamento, o cozimento, a mistura, a homogeneização, a fundição, a texturização, a modelagem e o corte. Estas operações se desenvolvem em diferentes partes de um extrusor, como no mecanismo de alimentação, no pré-condicionador, no corpo do extrusor e no mecanismo de desenho e corte. O material é expulso através da matriz (SETOR1, 2007). Com relação à matriz, quanto menor for seu diâmetro, maior será a resistência que impõe à saída do produto, criando maior pressão na região imediatamente anterior a ela, fazendo com

que o efeito da descompressão seja mais acentuado. Conseqüentemente, maior será a evaporação e a expansão (ALVES; GROSSMANN, 2002).

O controle do processo de extrusão permite a obtenção de produtos com características variadas, melhorando a eficiência e a economia da operação. Alguns fatores interferem no processo, dentre os relacionados à matéria prima se destacam composição, o tamanho das partículas e as condições de mistura, os referentes ao equipamento tal como o desenho do extrusor, incluindo o cilindro, a configuração do parafuso e o desenho da matriz e os fatores relacionados às condições de operação do extrusor, incluindo a velocidade de alimentação, a velocidade do parafuso, a temperatura do cilindro e a velocidade de corte (MENEGASSI et al., 2007). Entre os atributos de qualidade do produto pode-se citar a densidade; a umidade; o volume específico; a dureza; a expansão longitudinal e radial (WANG; CHESSARI; KARPIE, 2001).

A extrusão consiste em um processo contínuo onde o trabalho mecânico combinado com a alta temperatura e o tempo de retenção no cilindro gelatiniza o amido, desnatura as proteínas e favorece a formação de complexos entre lipídios, proteínas e amido (HUBER, 2002). Segundo Araújo; Araújo e Arêas (2007) todos os materiais crus devem ter baixo conteúdo de lipídios para atingir a máxima eficiência do processo de extrusão. Novos ingredientes e inovações nos métodos de processamento se combinam para resultar em novos produtos, com apelo saudável, o que, cada vez mais atrai os consumidores (HUBER, 2002).

O processo de extrusão tem proporcionado numerosas aplicações e tem sido vantajosamente adotada pela indústria na produção de cereais matinais, petiscos, massas alimentícias, alimentos à base de cereais enriquecidos com proteína, bebidas

em pó e proteínas de soja texturizadas (SETOR1, 2007). A extrusão propicia a obtenção de dispersões de farinhas pré-cozidas com menor viscosidade devido às modificações provocadas no material amiláceo (HUBER, 2002). Há várias tentativas de se produzir alimentos extrusados com farinhas mista, com a finalidade de dar destino a um subproduto rico nutricionalmente (KARAM; SILVA; GROSSMANN, 2001; ALVES; GROSSMANN, 2002; ALVIM; SGARBIERI; CHANG, 2002; BORBA; SARMENTO; LEONEL, 2005; LARREA; CHANG; MARTINEZ-BUSTOS, 2005; ASCHERI et al., 2006). Estes produtos apresentam um grande mercado consumidor e possibilitam a agregação de valor às farinhas de diferentes fontes (ALVES; GROSSMANN, 2002).

Os cereais matinais, tradicionalmente consumidos com leite, apresentam como característica principal a crocância, sendo esta associada à qualidade do produto (TAKEUCHI; SABADINI; CUNHA, 2005). Além da crocância se inclui às características desejáveis, uma baixa absorção de leite (COELHO, 2006) Esses produtos alcançaram algumas décadas de existência no mercado e o seu consumo vem ao encontro das novas tendências alimentares, a praticidade e a busca por alimentos saudáveis (LUSAS, 2002). O seu enriquecimento desperta o interesse do público que busca produtos alimentícios mais nutritivos, que garantam uma ingestão diária adequada de nutrientes (HUBER, 2002). Os aspectos legais sobre estes produtos encontram-se na Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos Resolução - nº 263 de 2005, onde se enquadra os seguintes alimentos, biscoito ou bolacha e petiscos.

Os produtos extrusados têm em sua formulação basicamente os carboidratos, onde se destaca o amido, mas podem ser utilizados outros ingredientes como as fibras, gomas e açúcares. O milho tem sido o principal cereal utilizado, podendo ser substituído parcialmente pelo arroz, trigo ou batata (HUBER, 2002). A farinha de milho,

segundo Callegaro et al. (2005), contém 4 % de fibra total, sendo que apenas 0,2 % é correspondente a fração solúvel. Segundo trabalho de Ascheri et al. (2006) e Guilherme e Jokl (2005), o teor de fibra da farinha de milho foi superior a farinha de arroz polido (inferior a 1,5 %) e a farinha de trigo (0,5 %). Segundo Bombo et al. (2006), os “snacks” tradicionais de milho contêm 2% de fibras. Plaami e Kumpulainen (1993) verificaram a composição de fibra solúvel e insolúvel em cereais matinais, analisando de acordo com o cereal de origem, entre eles o trigo, a cevada, o centeio, o arroz e o milho. Estes dois últimos tiveram quantidades de fibras inferiores a 2%.

As fibras podem ser utilizadas para o enriquecimento nutricional, porém, acabam modificando a textura de muitos produtos extrusados. O efeito da fibra na expansão do produto tem limitado sua utilização. As fibras de beterraba, de frutas, de ervilha e de soja têm sido consideradas como as que menos influenciam no efeito da expansão e devem ser adicionadas nas formulas a base de amido, em proporção de 5 a 10%. As fibras com baixo conteúdo de proteínas e lipídios e menor tamanho de partícula permitem um maior grau de expansão (HUBER, 2002).

Segundo Bombo (2006), na utilização de farinhas mistas de milho e torta de linhaça, sendo esta rica em fibras e proteína, deve-se adotar uma velocidade de alimentação inferior a utilizada para o processamento do apenas milho. Isto devido às necessidades da matéria prima em ter um maior tempo de residência no interior do cilindro.

3.7 PANIFICAÇÃO – bolachas ou biscoitos

Segundo a Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos Resolução - nº 263 de 2005, biscoito ou bolacha “é o produto obtido pelo amassamento e cozimento conveniente de massa preparada com farinhas, amidos, féculas fermentadas, ou não, e outras substâncias alimentícias”. Em biscoitos ou bolachas a classificação ocorre de acordo com o ingrediente que o caracteriza ou forma de apresentação. Desta forma, podem ser bolachas salgadas; doces; recheadas; revestidas; "grissini"; bolachas para aperitivos e petiscos ou salgadinhos; palitos para aperitivos ou "pretsel"; "waffle" e "waffle" recheado (BRASIL, 1978).

Os biscoitos têm características muito variadas, alguns se destacam pela crocância, outros pela consistência e textura (OBEL, 1996). Os biscoitos de massas semidoces duras ou, comumente conhecidos como estampados, têm uma formulação bastante simples, contendo poucos ingredientes. A farinha utilizada nestes biscoitos deve ser fraca, sendo que muitas formulações têm em sua constituição o amido, para diminuir a força da farinha de trigo (MORETTO, 1999).

A força da farinha consiste no comportamento físico da massa durante o processamento, em função das características do glúten, o que determina sua elasticidade e extensibilidade (PUPP, 1996). Os biscoitos devem manter sua forma e seu tamanho inalterado após serem estampados, pois a exatidão das dimensões do produto acabado deve ser considerada para a correta disposição da embalagem, desta forma a recuperação da massa, ou seja, a sua elasticidade pode ser relacionada com a perda da qualidade (MORETTO, 1999). Enzimas podem ser utilizadas para quebrar as

ligações peptídicas do glúten na fabricação de biscoitos, reduzindo a elasticidade da massa, o que facilita o processo de laminação (VITTI, 1988).

Na produção de biscoitos, as gorduras diminuem a dureza e contribuem para o sabor e o aroma (MORETTO, 1999). A aplicação das gorduras pode ser na massa ou nos recheios. Quando aplicada na massa, a gordura lubrifica o glúten, promove a sua extensão e a sua friabilidade, veicula os aromas e os distribui mais uniformemente na massa, auxilia a aeração durante o batimento do creme, encapsulando o açúcar de modo a tornar a farinha mais competitiva na absorção da água disponível na mistura e finalmente, promove, principalmente nos biscoitos doces o efeito desmoldante nos cilindros laminadores, estampados moldadores e esteiras (GÓES, 1996).

O aumento da quantidade de gordura na formulação pode acarretar uma menor adição de água para se obter a consistência desejada. Se a quantidade de gordura for alta se forma pouco o glúten e diminui o inchamento e geleificação do amido, o que deixa o produto com textura macia. Quando a quantidade de açúcar for alta, a gordura se mistura no forno com a solução açucarada impedindo que esta se transforme em uma massa vítrea e dura ao esfriar (MORETTO, 1999).

Segundo Moretto (1999) o açúcar fornece doçura, desenvolve cor agradável na crosta e melhora a aparência geral do produto. O fermento químico que, pela influência do calor e/ou umidade, produz desprendimento gasoso capaz de expandir massas elaboradas com farinhas, amidos ou féculas, aumentando-lhes o volume e a porosidade (BRASIL, 2003).

O processamento deste tipo de biscoito inicia com a mistura dos ingredientes, primeiramente sem a farinha e os agentes de crescimento. Posteriormente, se deve proceder um descanso da massa, de no máximo 20 minutos, pois ela pode ficar difícil

de ser trabalhada nas fases posteriores. A primeira laminação feita através de um par de rolos, passando na sequência, por pares de rolos em número de três, reduz a espessura da massa de forma gradual e uniforme (MORETTO, 1999). A lâmina de massa precisa ser forte o bastante para se manter íntegra durante a operação de transporte de um par de rolos a outro (VITTI, 1988).

O corte do biscoito pode ser do tipo tradicional, com movimento de sobe e desce pressionando a lamina de massa e formando a unidade; ou através do cortador rotativo, onde a lâmina de massa passa entre o estampo e o rolo de borracha que dá a pressão suficiente para o corte. Após o corte, as unidades devem ser conduzidas ao forno, enquanto que os retalhos da massa recolhidos por esteiras e encaminhados ao início de processo. Em geral, a temperatura de cozimento deve variar de 170°C a 270°C. O resfriamento da massa não deve ser rápido, para evitar a quebra dos biscoitos (MORETTO, 1999). Isto porque a parte interna dos biscoitos tende a perder umidade para a externa, se esta reação não ocorrer de maneira homogeneia, criará tensões desuniformes, que causam o aparecimento de trincas (VITTI, 1988).

O biscoito tem sido aceito e consumido por pessoas de qualquer idade, possuindo poder atrativo, principalmente para as crianças. Sua longa vida de prateleira permite que sejam produzidos em grandes quantidades e largamente distribuídos. Um produto com tais características, aliadas a sua enorme diversidade, revela-se um bom veículo para o estudo de farinhas mistas, seja por razões econômicas ou nutricionais (EL-DASH; GERMANI, 1994).

Waszczynskyj et al. (2001) elaboraram biscoitos enriquecidos de fibra de maçã, onde parte da farinha de trigo (20, 30, 40, 50 %), foi substituída pela fibra. Os biscoitos submetidos à avaliação sensorial demonstraram que os mesmos obtiveram boa

aceitação, sendo que a formulação preferida foi a com 30 % de substituição. Bermúdez (2001) elaborou biscoitos com farelo de milho, cuja avaliação sensorial demonstrou alto índice de aceitabilidade com 58 % de adição de farelo. Baquero, Buitrago e Bermúdez (1997) elaboraram biscoitos doces e salgados com a inclusão das fibras das cascas de maracujá. Os resultados demonstraram que pode haver a substituição de até 15 % da massa seca por fibra, sendo necessário incrementar a quantidade de água de 17 ml por 100 g de matéria seca para 35 ml. A avaliação sensorial demonstrou que os consumidores preferiram os biscoitos com até 8 % de substituição de fibra. Os resultados indicaram que para preparar biscoitos com níveis de 12 % de fibra, foi necessário adicionar enzimas para diminuir o endurecimento dos produtos.

Silva (2001) elaborou biscoitos com fibra de jatobá. Os biscoitos elaborados com jatobá apresentaram boas características tecnológicas e bom nível de aceitação, com exceção do biscoito com a quantidade máxima de 25 % de jatobá. Perez e Germani (2007) elaboraram biscoitos tipo salgado, com alto teor de fibra alimentar, utilizando como fonte a berinjela. À medida que se aumentou a quantidade de fibras, houve incremento também do conteúdo de água do produto, o que evidencia a alta higroscopicidade da fibra. O aumento da porcentagem de adição de fibra causou alterações na coloração dos biscoitos, tornando-os mais escuros.

Biscoitos enriquecidos de fibras a partir do bagaço de caju e de goiaba foram obtidos por Matias et al. (2005), apresentaram os maiores índices de aceitabilidade com relação ao sabor, com formulações de 10 % de bagaço desidratado de caju e 5 % de bagaço desidratado de goiaba. Larrea, Chang e Martinez-Bustos (2005) elaboraram biscoitos com polpa de laranja extrusada. A massa do biscoito apresentou maior conteúdo de umidade, isto devida a propriedade das fibras de absorver água. Galdeano

e Grossmann (2006) elaboraram biscoitos *cookies* com 20 % da farinha de trigo substituída por casca de aveia tratada química (peróxido de hidrogênio alcalino) e fisicamente (extrusão). Os biscoitos tratados apresentaram um grau de aceitação de 91%. Segundo Wang, Cabral e Fernandes (1997), quando se deseja um alimento voltado para um público que busca uma alimentação mais saudável, a fibra adicionada ao biscoito, deve ter tamanho de partícula que possa diferenciá-lo dos biscoitos sem adição de fibra.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

O bagaço de maçã industrial e o bagaço de maçã final fornecidos pela empresa Agrícola Fraiburgo Ltda - SC foram provenientes do processo industrial de extração de mostro de maçãs de descarte. O bagaço e o lavado foram obtidos a partir do processo de extração de suco da cultivar Fuji, em escala laboratorial.

O fubá desgerminado utilizado no processo de extrusão foi fornecido pela Indústria Brasileira de Máquinas (Inbramaq).

Os materiais utilizados para a elaboração dos biscoitos enriquecidos de fibra foram obtidos no comércio local e estão listados a seguir: amido de milho Maisena[®], açúcar refinado União[®], margarina sem sal Doriana[®], farinha de trigo Anaconda[®], ovos, glicose Yoki[®], leite em pó integral Ninho[®], sal moído iodado MaisVita[®], bicarbonato de amônia e o bicarbonato de sódio.

Secadora Turbo Dryer, modelo ES 350, da empresa Vomm Equipamentos e Processos, São Paulo/ SP.

Extrusora de rosca única, com capacidade de produção semi-industrial (40 Kg/hora), modelo RX40 da empresa Inbramaq, Ribeirão Preto/ SP.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Obtenção do bagaço desidratado

Foram processados 120 Kg de maçãs da cultivar Fuji para a obtenção do bagaço de maçã, em escala laboratorial. As frutas foram lavadas e foi retirado o centro para a exclusão das sementes, e então, as maçãs foram trituradas em processador semi industrial (Processing Metvisa Type MPA) e prensadas, em duas seqüências iguais de tempo (10 minutos) em equipamento hidráulico (Eureka) a 6 Kgf.cm^{-2} . O resíduo sólido obtido foi lavado por duas vezes, permanecendo imerso em água potável, razão 2:1 (v/m), por quinze minutos em cada operação, visando o esgotamento dos sólidos solúveis. O bagaço lavado e centrifugado foi desidratado em estufa de circulação de ar (TE-394, Tecnal) a temperatura de 60°C por 24 horas, seguida da fragmentação em moinho de facas (Marconi). O bagaço natural foi obtido da mesma forma, porém sem a etapa de retirada do centro da maçã e a etapa de lavagem.

O bagaço industrial inicial e o bagaço final foram obtidos pelo processo industrial de extração de mostro de maçãs de descarte. As frutas utilizadas para a produção do bagaço final passaram por uma seleção mais rigorosa que o bagaço industrial, além de se adequar a etapa de prensagem, para a diminuição da umidade do bagaço. Foram desidratados em secador contínuo (Turbo Dryer, modelo ES 350).

Do processo de secagem se obteve três frações do produto, com granulometrias distintas, a denominada como fina, que foi arrastada e separada em um ciclone. A fração grossa representou a maior quantidade e foi recolhida após peneiramento, do qual resultou a terceira fração, contendo partículas maiores como

cascas; sementes e pedúnculos, denominada como fração grossa 2. Os bagaços desidratados foram fragmentados em moinhos de facas (Marconi). No bagaço industrial final foi analisado a sua granulometria, segundo o método nº965.22 da AOAC (1995), onde alíquotas de 50 g de amostras foram submetidas à vibração por um período de 20 minutos em agitador de peneira.

4.2.2 Determinação da vida de prateleira do bagaço desidratado

O bagaço desidratado permaneceu estocado por 45 dias em sacos de polietileno e em caixas de papelão, para evitar o contato com a luz. Para determinação da vida de prateleira os produtos foram caracterizados quanto à umidade, atividade de água, análise sensorial de cor e odor e qualidade microbiológica (Salmonela, Coliformes fecais e Bolors e Leveduras). Os dados foram verificados pela análise de variância e pelo teste de Tukey. O bagaço foi acondicionado em sacos de polietileno (espessura de 60 μ) e estes em dessecadores com solução saturada de KCL, o que permite o controle de umidade relativa de 84 %.

Os dessecadores foram colocados em estufas iluminadas (com lâmpadas fluorescentes de 20 W, corresponde a 1420 lumens) com diferentes temperaturas 30°C e 40°C (Teste Acelerado de Vida de Prateleira) e em temperatura ambiente (aproximadamente 20°C). O tempo de armazenagem nas condições aceleradas foi definido pelo fator $Q_{10} = 2$, onde a cada aumento de 10°C na temperatura, se dividiu o tempo de estocagem por 2, segundo método descrito por Vitali, Teixeira Neto e Gerber (2004). Desta forma, as amostras a 30°C permaneceram armazenadas por 6 meses e a

40°C por apenas 3 meses. O plano de amostragem foi obtido dividindo o tempo total por 6 (Tabela 03).

Tabela 03- Plano de amostragem para a análise de vida de prateleira do bagaço de maçã conforme a temperatura (dias).

Avaliações	Temperatura		
	23°C	30°C	40°C
0	0	0	0
1	30	30	15
2	60	60	30
3	90	90	45
4	120	120	60
5	150	150	75
6	180	180	90

Parte das amostras de fibra foi mantida a -5°C, que foi utilizada como padrão para os testes sensoriais, podendo-se assim, ter uma indicação da magnitude da diferença entre a amostra e o padrão. Para a avaliação da vida de prateleira do bagaço desidratado foram feitas análises sensoriais de cor e odor. O objetivo foi verificar o escurecimento do produto e a oxidação dos lipídeos presentes, oriundos das sementes e cascas da maçã, em função do tempo, da temperatura e da luz.

Para a realização da análise sensorial foi obtida a aprovação do projeto por parte do Comitê de Ética da Universidade Estadual de Ponta Grossa (ANEXO 01). A avaliação sensorial da fibra de maçã foi determinada por uma equipe de julgadores selecionados e treinados. Na pré-seleção foi utilizado um questionário, onde foi possível obter alguns dados dos provadores, principalmente, se seriam capazes de discriminar

as cores e identificar os odores (APÊNDICE 01). Os provadores recrutados foram submetidos a testes sensoriais quanto à memória e à percepção olfativa (reconhecimento de odor) e à capacidade discriminatória, mediante teste triangular (ABNT, 1993) (APÊNDICE 02).

Os candidatos selecionados foram treinados com o teste de comparação múltipla (FERREIRA et al.; 2000), onde foi solicitado ao julgador avaliar as amostras com relação ao padrão (fibra de maçã recém processada) quanto aos atributos de cor e odor. Para o treinamento foi utilizado como referências de cor amostras comerciais de fibra de linhaça e de trigo e para o odor amostras de fibra do bagaço de maçã com diferentes concentrações de óleo de soja rancificado. Foram selecionados julgadores com poder discriminativo e reprodutibilidade.

Após o treinamento dos julgadores, o teste de comparação de múltiplas amostras foi aplicado na amostra de fibra de maçã para os tempos estipulados de vida de prateleira (APÊNDICE 03). Foi utilizado escalas de 9 pontos variando para a cor, de extremamente mais escuro a extremamente menos escuro. Para o odor variou de extremamente menos intenso o odor natural da maçã, a extremamente mais intenso o odor a ranço. As amostras foram servidas em cabines individuais em tubos de ensaio codificados e fechados com tampas de algodão para evitar a volatilização dos compostos na avaliação do odor. O experimento foi conduzido em blocos completos balanceados com 3 repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste de diferença de médias por Dunnet.

4.2.3 Processamento do extrusado

A elaboração dos produtos extrusados foi conduzida na Empresa Inbramaq (Indústria Brasileira de Máquinas), em Ribeirão Preto - SP. Realizou-se a adição de água à farinha mista, composta pelo bagaço de maçã e pelo fubá, de acordo com os pontos do delineamento experimental, seguida da homogeneização manual e do condicionamento no alimentador do equipamento de extrusão. As farinhas mistas cruas foram processadas em uma extrusora modelo RX40, sendo o controle da temperatura feito por termopares e sistema de refrigeração com água e válvulas solenóides (Figura 02).



FIGURA 02 – Equipamento de extrusão modelo RX40 (Inbramaq).

No primeiro delineamento se realizou um Planejamento Fatorial 2^3 , onde as variáveis independentes foram a umidade da amostra, a adição de bagaço de maçã e o

tipo do bagaço (Tabela 04). A temperatura foi mantida em 75°C. Os níveis das variáveis foram codificados como -1 (para o menor valor) e +1 (para o maior valor).

Tabela 04- Valores das variáveis independentes e seus correspondentes níveis codificados (x), para os extrusados

X	-1	0	+1
Umidade (%)	10	-	13
Bagaço (%)	30	-	50
Tipo de Bagaço	BL*	-	BI**

* Bagaço lavado

** Bagaço industrial inicial

No segundo delineamento foi realizado um Planejamento Fatorial 2^3 , onde as variáveis independentes foram a umidade da amostra, a adição de bagaço de maçã e temperatura. Todas as variáveis independentes tiveram repetição do ponto central (Tabela 05). As condições de temperaturas utilizadas foram determinadas pela capacidade de aquecimento do equipamento disponível.

Tabela 05 - Valores das variáveis independentes e seus correspondentes níveis codificados (x), para os extrusados

X	-1	0	+1
Umidade (%)	14	18	22
Bagaço (%) *	8	16	24
Temperatura (°C)	85	95	105

* BF – Bagaço industrial final

As demais condições foram fixas, a rotação da rosca de 400rpm; a trafiladora e a subtrafiladora com perfurações nos diâmetros de 5 e 1/8 mm respectivamente. O produto gerado inicialmente foi descartado, sendo apenas aproveitado o material coletado após

o processo atingir o equilíbrio das condições de temperatura e rotação pré-estabelecidas. Após a extrusão, os produtos foram cortados, sendo então coletados manualmente, avaliados quanto à expansão e acondicionados em sacos de polietileno e em embalagem secundária de papelão.

4.2.4 Processamento do biscoito

A produção do biscoito foi conduzida no Laboratório de Tecnologia de Cereais, da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). A massa preparada foi laminada e estampada com o auxílio de forma circular. Os biscoitos foram assados a 200°C, por 20 minutos, resfriados em temperatura ambiente e acondicionados em sacos de polietileno, até o momento das análises.

Foi utilizado um Planejamento Fatorial 2^3 , onde as variáveis independentes foram a adição de bagaço; a adição de gordura e a adição de açúcar. A formulação, do ponto central, foi baseada em biscoitos semidoces duros, tipo “maisena” (MORETTO, 1999). As porcentagens dos ingredientes foram calculadas em relação ao peso da farinha de trigo e do amido. A água foi adicionada nas formulações sob 20% do peso da farinha de trigo e do amido e mais 50% do peso do bagaço (Tabela 06).

Tabela 06 - Valores das variáveis independentes e seus correspondentes níveis codificados (x), para os biscoitos

X	-1	0	+1
Bagaço (%) *	10	18	26
Gordura (%)	17	25	33
Açúcar (%)	27	35	43

* BF – Bagaço industrial final

4.2.5 Avaliação física dos produtos extrusados e panificados

a) Expansão

Para os produtos extrusados a expansão foi obtida pelo quociente entre o diâmetro dos extrusados sem aromatização e o diâmetro do orifício de saída do extrusor, conforme a método proposto por Faubion e Hosney (1982). Para os produtos panificados a expansão foi determinada através da espessura antes e após o processo de assamento. Foram efetuadas 20 medidas aleatórias.

b) Dureza

A análise de dureza foi realizada de acordo com a método descrito por Chang et al. (2001), em equipamento TAXT2i, com software “Texture Expert” (Stable Systems, 1999) equipado com cela Universal, no Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL). As condições utilizadas neste experimento para os extrusados e para os biscoitos foram: probe: tipo guilhotina e triponto; velocidade pré teste: 4,0 e 1,0 mm/s; velocidade de teste: 1,0 e 3,0 mm/s; velocidade pós teste: 5,0 e 10,0 mm/s; distância: 20,0 e 5,0 mm e força de 50 g, respectivamente. Foram efetuadas 20 medidas aleatórias.

c) Volume específico

O volume específico, expresso em mL.g^{-1} , foi calculado pela razão entre o volume (mL) e o peso (g), segundo método descrito por Oviedo (1991).

4.3.6 Avaliação das propriedades físico-química dos produtos

a) Índice de Absorção de Água (IAA) e Índice de Solubilidade em Água (ISA)

O IAA e o ISA foram determinados segundo metodologia de Anderson et al. (1969), para as matérias primas, fibra do bagaço de maçã e fubá e para os produtos finais extrusados e panificados .

b) Absorção de leite

Foi verificado pela exposição de 30 g do extrusado e do biscoito em 125 mL de leite frio. As amostras foram pesadas antes e após 10 minutos de imersão (COELHO, 2006).

4.2.7 Caracterização físico-química

Nas amostras de bagaço de maçã desidratado, de extrusados e de biscoitos foi feita a caracterização físico-química com as seguintes análises. A umidade foi determinada em duplicatas em estufa de circulação de ar a 105°C até a obtenção de peso constante. As cinzas foram determinadas pelo processo de incineração completa em mufla a 550°C por 6 horas. A proteína bruta foi determinada pelo método de Kjeldahl. Para a determinação da fração lipídica, a amostra foi submetida à extração com hexano por cerca de 6 horas, em Soxhlet (IAL, 2005).

Os teores de fibra alimentar foram obtidos pelo método enzimico-gravimétrico, através da ação das enzimas α -amilase termoestável, protease e amiloglicosidase (AOAC, 1997). Os carboidratos totais foram determinados pela diferença entre a massa seca total (100 %) e a soma das porcentagens determinadas de extrato etéreo, cinzas e proteínas.

As análises de açúcares redutores totais e pH foram realizadas na amostras de bagaço de maçã, sendo que esta última foi analisada em amostras para determinar a vida-de-prateleira. Para a análise de açúcares redutores totais utilizou-se o método colorimétrico de Somoghy-Nelson. Sendo que a absorbância foi medida em 520nm (SOMOGHY, 1945; NELSON, 1944). Para a determinação do pH, as amostras foram homogeneizadas com água destilada na proporção 1/1 e feita a leitura em pHmetro (IAL, 2005).

4.2.8 Análises microbiológicas

O bagaço de maçã foi submetido a análises microbiológicas referentes a Coliformes a 45°C, *Salmonella sp* e Bolores e Leveduras que obedeceram os métodos descritos no Manual Técnico de Microbiologia do Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL (SILVA et al., 1995).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

O processo de lavagem reduz a quantidade de açúcares, concentra as fibras e facilita a operação de desidratação do bagaço por evitar a agregação de suas partículas. O bagaço de maçã apresentou $13,80 \pm 0,01$ °Brix, passando para $3,60 \pm 0,01$ °Brix após duas lavagens consecutivas, semelhante ao resultado obtido por Paganini et al. (2005), que obtiveram a concentração de 3,50 °Brix. A diminuição da concentração de sólidos solúveis presentes no bagaço foi da ordem de 73 %. Segundo Paganini et al. (2005), o extrato obtido da lavagem contém elevado teor de sólidos solúveis e nutrientes, que pode ser empregado na fermentação alcoólica.

As características de qualidade físico-química do bagaço de maçã proveniente do processo em escala laboratorial de extração de suco da cultivar Fuji, antes e após as lavagens e do bagaço industrial estão demonstrados na Tabela 07.

TABELA 07 - Composição físico-química dos bagaços de maçã provenientes do processo em bancada de extração do suco da cultivar Fuji e do bagaço industrial

Concentração (%)						
Bagaço	Umidade	Cinzas	Lipídios	Proteína	Fibra	Açúcar redutor total
B*	$12,50 \pm 0,28$	$2,31 \pm 0,12$	$2,42 \pm 0,02$	$2,92 \pm 0,09$	$38,50 \pm 0,38$	$26,00 \pm 1,00$
BL**	$8,14 \pm 0,11$	$4,98 \pm 0,09$	$1,24 \pm 0,03$	$6,10 \pm 0,10$	$62,00 \pm 1,15$	$4,00 \pm 0,19$
BI***	$8,59 \pm 0,19$	$4,87 \pm 0,07$	$4,96 \pm 0,20$	$3,70 \pm 0,18$	$48,00 \pm 0,31$	$7,33 \pm 0,10$

* Bagaço produzido em laboratório

** Bagaço lavado e sem semente produzido em laboratório

*** Bagaço industrializado inicial

O bagaço obtido em escala laboratorial apresentou 26 % de açúcares redutores totais. Paganini et al. (2003) obtiveram 40 % de açúcares totais do bagaço de maçã, que segundo o autor pode apresentar menores teores com alterações no processamento de extração de suco. Esta concentração de açúcares dificultou o processo de desidratação do bagaço e o material seco se tornou rígido e compacto. Desta maneira, se justificou a utilização do bagaço de maçã lavado, pois além de facilitar as operações, a concentração das fibras foi maior. O bagaço industrial apresentou concentração de fibras inferior a do bagaço lavado obtido em escala laboratorial. O resultado do teor de fibras de 62 % (Tabela 07) está de acordo com o obtido por Figuerola et al. (2005) para a cultivar “Granny Smith”.

O bagaço lavado e sem semente teve uma diminuição de 50 % de lipídeos, quando comparado ao bagaço que não passou por este processo. Ainda se deve considerar, que há uma fração de lipídeos na casca da fruta. A redução dos lipídeos acarreta em um maior tempo de vida de prateleira da matéria prima, evitando a sua oxidação (TEIXEIRA NETO; MOURA, 2004), além de melhorar os resultados do processo de extrusão, pois o lipídio pode se complexar com o amido, diminuindo a expansão (AREAS, 1996). Nesta primeira caracterização da matéria prima foi possível observar as diferenças nutricionais, ocasionadas pelos diferentes processos de beneficiamento.

A partir dos dados anteriores foi possível adequar algumas etapas do processo industrial, o que resultou no bagaço final com suas três frações do processo de desidratação, denominadas como fina, grossa 1 e grossa 2 (Tabela 08).

TABELA 08 - Composição físico-química do bagaço final de maçã desidratado (%).

Bagaço	Umidade	Cinzas	Proteína	Lipídio	Açúcar redutor total	Fibra	pH*
Fração fina	5,55 ±0,18	2,89 ±0,21	4,28 ±0,24	4,27 ±0,20	12,93 ±0,30	59,00 ±3,96	3,85 ±0,06
Fração grossa 1	4,77 ±0,09	1,78 ±0,12	3,84 ±0,19	3,17 ±0,15	7,41 ±0,19	58,10 ±5,02	3,68 ±0,06
Fração grossa 2	4,35 ±0,31	1,86 ±0,08	4,02 ±0,26	3,46 ±0,19	10,90 ±0,25	75,31 ±4,67	3,76 ±0,09

* adimensional

Waszczynskyj et al. (2001) obtiveram bagaço de maçã lavado com 66,03% de fibra alimentar, o que se encontra muito próximo dos valores aqui relatados. Neste estudo foram analisados bagaços comerciais de maçãs que vêm sendo utilizados como matérias primas de diversos produtos. Os resultados foram variados havendo no bagaço denominado como “A” e no “B” em torno de 76,50 %; no bagaço “C”, 52,10 % e no bagaço “D” apenas 25,15 % de fibra alimentar. Os resultados de fibras da Tabela 08, variaram de 58 % a 75 %, este último correspondente a amostra denominada fração grossa 2, que se constitui, principalmente, da parte central da fruta sendo este material mais fibroso. A fração fina apresentou uma maior porcentagem de lipídeos, provavelmente, porque parte das cascas da maçã pode ter sido arrastada ao ciclone, pelo seu baixo peso.

Os resultados da caracterização físico-química do fubá desgerminado, matéria-prima do processo de extrusão, estão apresentados na Tabela 09.

TABELA 09 – Composição físico-química do fubá (%)

Amostra	Umidade	Cinzas	Proteína	Lipídio	Fibra	pH*
Fubá 1	5,94 ± 0,110	0,39 ± 0,054	5,21 ± 0,430	1,41 ± 0,075	3,83 ± 0,151	6,05 ± 0,015
Fubá 2	6,07 ± 0,181	0,89 ± 0,035	4,90 ± 0,352	1,32 ± 0,091	4,04 ± 0,122	6,10 ± 0,042

* adimensional

O teor de fibra presente no fubá variou de 3,83 e 4,04 %, próximo ao encontrado por Callegaro et al. (2005) em farinha de milho. Este baixo conteúdo de fibra explica o fato de que produtos extrusados feitos de milho contêm 2 % de fibras (BOMBO, 2006).

5.1.1 Granulometria

Os resultados da análise física de granulometria das três frações do bagaço de maçã estão apresentados na Tabela 10.

TABELA 10- Granulometria do bagaço desidratado e do fubá (% retida)

Mesh	Fração Grossa 2 *	Fração fina	Fração grossa 1	Fubá
14	2,92	0,87	0,14	-
28	34,21	9,96	1,47	0,48
42	34,51	39,50	23,77	33,38
80	22,00	36,49	44,70	60,53
150	4,68	11,00	15,12	5,27
270	1,65	2,15	14,63	0,32
325	-	0,04	0,14	0,02
Fundo	-	-	-	-

* Resultado do peneiramento da fração grossa1

O fubá apresentou partículas de tamanho homogêneo, com 60 % das partículas retidas na peneira de 80 mesh, que seria uma abertura de aproximadamente 0,177 mm. Wang, Cabral e Fernandes (1997) e Perez e Germani (2004) verificaram que a farinha de trigo apresentou 80 % das partículas menores que 100 mesh. A fração grossa 2 apresentou partículas mais heterogêneas e maiores quando comparado com as demais frações, sendo que 90 % permaneceram nas peneiras de 28 a 80 mesh, este resultado está próximo ao encontrado por Wang, Cabral e Fernandes (1997), que verificaram que o farelo de casca de soja fragmentado em moinhos de facas e de martelo apresentou cerca de 90 % das partículas retidas em 20 e 42 mesh. Na fração grossa 1 a maior parte das partículas ficaram retidas nas peneiras 42 (0,335 mm) e 80 mesh (0,177 mm). Partículas heterogêneas, da mesma forma foram encontradas no trabalho de Leoro (2006), que utilizou o farelo de maracujá como matéria prima, porém a maior quantidade de matéria retida foi entre as peneiras 32 e 60 mesh, partículas estas consideradas grandes pelos autores. Perez e Germani (2004) obtiveram em fibra de berinjela 77 % das partículas com tamanho menor que 100 mesh, em moinhos de facas e de martelo.

A fração fina do bagaço de maçã desidratado, que foi utilizada nos processos de extrusão e de panificação, apresentou 75 % das partículas retidas entre 42 e 80 mesh. Gomes et al. (1996) verificaram em extrusados com farelo de milho, que a expansão depende da granulometria deste ingrediente. Quando se tem alta proporção de partículas grandes (maiores de 1,2 mm) a expansão do milho não é homogênea, apresentando partículas sem expandir, o que torna o produto mais duro. As maiores partículas da fração fina apresentaram 0,840 mm.

5.1.2 Índice de solubilidade e de absorção de água

Os valores determinados do índice de solubilidade em água do fubá e da fração fina do bagaço desidratado foram 3,56 e 18,04 %, respectivamente. O valor de 3,56 % é baixo quando comparado com o da fibra e segundo Leoro (2006), este fato se justifica pelo fato do fubá ser constituído de amido na forma nativa. Este valor está acima do reportado por Alvim, Sgarbieri e Chang (2002), que foi de 2,2 %. O valor de solubilidade para fração fina do bagaço desidratado foi aproximadamente 5 vezes maior que o da farinha de milho. O mesmo foi verificado por Leoro (2006) o que, segundo o autor, demonstra que o farelo de maracujá apresenta maior teor de compostos solúveis e de baixa massa molecular.

O valor do índice de absorção de água encontrado para o fubá foi de 2,65 g de água/g material seca. Este valor coincide com o valor reportado por Alvim, Sgarbieri e Chang (2002), que foi de 2,7 g de água/g matéria seca e está abaixo do reportado por Leoro (2006), que foi de 3,33 g de água/g matéria seca. Este índice relativamente baixo, segundo Leoro (2006) ocorreu em função das condições de teste (temperatura ambiente), na qual não ocorre a gelatinização do amido, com conseqüente exposição dos grupos hidrofílicos (-OH) das moléculas de amilose e amilopectina.

Para a fração fina do bagaço desidratado de maçã se obteve 12,63 g água/g matéria seca de absorção de água. Próximo ao valor verificado por Leoro (2006), de 14,38 g água/g matéria seca em farelo de maracujá. Segundo o autor, este valor indica que a fibra apresentou boa capacidade de retenção de água.

5.2 DETERMINAÇÃO DA VIDA DE PRATELEIRA DO BAGAÇO

A caracterização físico-química do bagaço de maçã, utilizado na determinação da vida de prateleira, está apresentada na Tabela 8 (fração fina). A Tabela 11 demonstra variação do teor de umidade obtido nas diferentes condições de temperatura.

TABELA 11- Umidade do bagaço de maçã (%), armazenado nas temperaturas de 20, 30 e 40°C

Avaliações**	20°C	30°C	40°C
0	8,87 ± 0,212 *a A	8,87 ± 0,212 *a D	8,87 ± 0,212 *a D
1	8,92 ± 0,285 *b A	10,80 ± 0,287 *ab CD	12,01 ± 0,389 *a C
2	8,96 ± 0,352 *b A	11,46 ± 0,348 *a BC	12,66 ± 0,505 *a BC
3	9,01 ± 0,465 *b A	12,96 ± 0,487 *a AB	14,73 ± 0,451 *a AB
4	9,44 ± 0,384 *b A	13,10 ± 0,376 *a AB	14,96 ± 0,174 *a A
5	10,17 ± 0,528 *b A	13,46 ± 0,451 *a AB	15,06 ± 0,581 *a A
6	10,55 ± 0,541 *b A	14,08 ± 0,352 *a A	15,48 ± 0,226 *a A

*As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, através do teste Tukey ao nível de 5%.

Letras minúsculas: comparação entre as colunas de uma mesma linha.

Letras maiúsculas: comparação entre as linhas de uma mesma coluna.

** De acordo com o plano de amostragem.

Na Tabela 12 pode ser observada a atividade de água do bagaço de maçã em diferentes condições e tempos de armazenamento. Assim como na umidade, ocorre um aumento da atividade de água em função do tempo e da temperatura.

TABELA 12 - Atividade de água do bagaço de maçã, armazenado nas temperaturas de 20, 30 e 40°C

Avaliações**	20°C	30°C	40°C
0	0,477 ± 0,012 *a A	0,477 ± 0,012 *a B	0,477 ± 0,012 *a B
1	0,485 ± 0,010 *b A	0,596 ± 0,019 *a AB	0,640 ± 0,026 *a A
2	0,496 ± 0,025 *b A	0,612 ± 0,038 *ab A	0,713 ± 0,035 *a A
3	0,510 ± 0,026 *b A	0,634 ± 0,026 *ab A	0,721 ± 0,033 *a A
4	0,549 ± 0,036 *b A	0,657 ± 0,015 *ab A	0,731 ± 0,023 *a A
5	0,583 ± 0,018 *b A	0,686 ± 0,020 *ab A	0,742 ± 0,029 *a A
6	0,598 ± 0,012 *c A	0,691 ± 0,009 *b A	0,767 ± 0,014 *a A

*As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, através do teste Tukey ao nível de 5%.

Letras minúsculas: comparação entre as colunas de uma mesma linha.

Letras maiúsculas: comparação entre as linhas de uma mesma coluna.

** De acordo com o plano de amostragem.

Os resultados de determinação do teor de umidade e de atividade de água do bagaço de maçã indicam que a absorção de vapor de água foi dependente da temperatura e do tempo de estocagem. Segundo Sarantópoulos (2001) o ganho de umidade é um fenômeno físico comum em alimento desidratados. Este aumento do teor de umidade pode acarretar a perda da qualidade do alimento, ao favorecer o crescimento microbológico, a atividade enzimática, o escurecimento não enzimático e a oxidação de lipídeos e de pigmentos.

Não foi observado diferença significativa ao nível de 5 %, no teor de umidade, entre as temperaturas 30 e 40°C, porém estas diferiram da temperatura de 20°C. Para a atividade de água teve diferença significativa entre as três temperaturas, ao final das avaliações. Ao se comparar a umidade e atividade de água inicial com a final pode ser observado que na temperatura de 20°C não ocorreu diferença significativa ($p \geq 0,05$), diferente do encontrado nas temperaturas de 30 e 40°C.

Na temperatura ambiente, até o período de estocagem de 180 dias, foi observado um aumento da umidade da ordem de 20 % e da atividade de água, da

ordem de 25 %. Na temperatura de 30°C se dobrou os valores iniciais de umidade e da atividade de água, sendo este aumento da ordem de 60 % e 50 % respectivamente. A temperatura de 40°C apresentou o maior aumento da umidade e da atividade de água, durante os 90 dias de acompanhamento, sendo da ordem de 75 % e 60 % respectivamente. Com relação à umidade, Endo et al. (2007) verificaram que até 120 dias de armazenamento de suco de maracujá desidratado ocorreu uma acentuada absorção de água pelo produto puro (121,3 % a 30°C e 159,3 % a 40°C), superior as encontradas neste trabalho. Moura et al. (2007) ao determinarem a vida de prateleira da maçã-passa, observaram uma variação na umidade e na atividade de água da ordem de 20 % na temperatura de 35°C; inferior ao encontrado neste trabalho, que dobrou na temperatura de 30°C. Entretanto, a embalagem utilizada era de 140 μ , enquanto neste trabalho foi utilizado embalagem de 60 μ de espessura.

Os dados apresentados na Tabela 12 mostram um aumento gradativo da atividade de água, sendo este fato diretamente proporcional à elevação da temperatura e do tempo de armazenamento. Embora a umidade relativa seja a mesma para a condição ambiente e acelerada, a absorção de umidade pelo bagaço de maçã na acelerada foi mais rápida, resultando em uma maior atividade de água. Segundo Vitale e Quast (2004) este fato ocorre porque a pressão do vapor de água a 40°C é de 55 mmHg, enquanto a 30°C é de apenas 32 mmHg. Somente com base na diferença da pressão do vapor de água, a transferência de umidade através da embalagem é de 1,7 vezes (55/32) maior na condição acelerada. Além, da permeabilidade dos filmes aumentar com a elevação da temperatura. Por isto pode-se esperar que a deterioração por absorção de umidade ocorra 2 a 3 vezes mais rápido na condição acelerada.

Segundo Vasques et al. (2006) as embalagens metalizadas têm maior barreira quanto ao ganho de umidade, sendo recomendadas para armazenamento de maçãs desidratadas, considerando que as embalagens de polietileno apresentaram um valor de permeabilidade ao vapor de água 370 vezes maior que o valor para as embalagens com alumínio. Neste trabalho foi utilizado embalagem de polietileno, por ser a empregada em produtos comerciais similares.

Segundo Jardim (2004), a atividade de água, juntamente com o pH e a composição química do alimento são os fatores que determinam o tipo de deterioração microbiana que poderá se desenvolver no produto. Sendo assim, na Tabela 13 está apresentada o controle do pH das amostras de bagaço de maçã.

TABELA 13 - pH do bagaço de maçã, armazenado nas temperaturas de 20, 30 e 40°C

Avaliação	20°C	30°C	40°C
0	3,45 ± 0,010 *a A	3,45 ± 0,010 *a AB	3,45 ± 0,010 *a A
1	3,44 ± 0,010 *a A	3,41 ± 0,010 *a AB	3,46 ± 0,010 *a A
2	3,45 ± 0,010 *a A	3,47 ± 0,020 *a A	3,30 ± 0,020 *b BC
3	3,42 ± 0,010 *ab A	3,46 ± 0,010 *a AB	3,34 ± 0,020 *b B
4	3,43 ± 0,020 *a A	3,44 ± 0,010 *a AB	3,31 ± 0,010 *b B
5	3,42 ± 0,010 *a A	3,46 ± 0,020 *a AB	3,27 ± 0,020 *b BC
6	3,42 ± 0,020 *a A	3,38 ± 0,020 *a B	3,20 ± 0,030 *b C

*As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, através do teste Tukey ao nível de 5%.

Letras minúsculas: comparação entre as colunas de uma mesma linha.

Letras maiúsculas: comparação entre as linhas de uma mesma coluna.

** De acordo com o plano de amostragem.

O pH do bagaço de maçã armazenado na temperatura de 40°C, apresentou uma queda de 7,25%. Sendo que o mesmo, diferiu estatisticamente, do pH nas demais temperaturas, a partir da segunda avaliação. Esta diminuição no pH está relacionada ao processo de rancificação que causa o aumento da acidez do produto, pela liberação de

ácidos graxos (NITZEK et al., 1998; OLIVEIRA et al., 2007). Ao se comparar o pH inicial com o final da temperatura de 40°C pode ser observado que ocorreu diferença significativa ($p < 0,05$). Segundo Sarantópoulos (2001) o pH inferior a 4,5 em frutas limita o crescimento dos microrganismos a bolores e leveduras.

5.2.1 Análises Microbiológicas

As análises microbiológicas demonstraram que não ocorreu contaminação, por coliformes a 45°C; *Salmonella* e bolores e leveduras, apesar do período de armazenamento e das condições de temperaturas aceleradas. O produto foi considerado apto para o consumo humano por um período estimado de seis meses na condição acelerada de 30°C. A resolução RDC n°12 contém as informações legais sobre a qualidade microbiológica, sendo que o bagaço de maçã se encontra no grupo de frutas, produtos de frutas e similares desidratadas. Neste grupo exige-se a ausência de *Salmonella* em 25 g e de Coliformes fecais, 10^2 UFC (BRASIL, 2001). Não consta padrão para bolores e leveduras.

Durante o armazenamento, embora tenha havido absorção e dessorção de água a embalagem ofereceu proteção contra a contaminação externa. Segundo Sarantópoulos (2001) as embalagens flexíveis, em função de sua estrutura, não são permeáveis aos microrganismos. Desse modo, a menos que apresentem microfuros, somente favorecerão o desenvolvimento microbiano, se permitirem que o alimento tenha sua atividade de água aumentada a níveis que possibilitem este desenvolvimento. O que não foi observado neste trabalho, pois a atividade de água ficou abaixo de 0,767.

5.2.2 Avaliação sensorial

A atividade de água do bagaço de maçã na condição acelerada (40°C) manteve abaixo de 0,80. Portanto, outras reações de deterioração, tais como o escurecimento e a oxidação deverão definir sua vida de prateleira. Segundo Jardim (2004), as reações de escurecimento enzimático e não enzimático atingem o máximo da velocidade em atividade de água entre 0,60 e 0,80. Como a atividade de água do bagaço de maçã permaneceu, nas condições aceleradas, entre 0,60 e 0,77; as reações de escurecimento devem ser consideradas. Na Tabela 14 pode ser observado que do ponto de vista sensorial, a cor das amostras foi significativamente afetada pela temperatura e pelo tempo de armazenamento.

TABELA 14 – Resultados da avaliação sensorial de cor do bagaço de maçã, armazenado nas temperaturas de 20, 30 e 40°C

Avaliação **	Padrão	20°C	30°C	40°C
1	5,00 *c	4,97 *c C	6,02 *a DE	5,90 *b D
2	5,00 *c	5,10 *c C	5,92 *b E	6,56 *a C
3	5,00 *d	5,50 *c B	6,23 *b D	7,28 *a B
4	5,00 *d	5,94 *c A	6,87 *b C	7,87 *a A
5	5,00 *d	6,08 *c A	7,28 *b B	7,87 *a A
6	5,00 *d	5,95 *c A	7,69 *b A	8,02 *a A

*As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, através do teste Tukey ao nível de 5%.

Letras minúsculas: comparação entre as colunas de uma mesma linha.

Letras maiúsculas: comparação entre as linhas de uma mesma coluna.

** De acordo com o plano de amostragem.

A cor do bagaço estocado em temperatura ambiente (20°C±2) não foi afetada até os dois meses de armazenamento, permanecendo sem diferença significativa com o padrão ($p > 0,05$ %). Ao final dos 6 meses foi classificada como ligeiramente mais escura que o padrão, sendo que foi observada diferença significativa quando

comparada com a cor inicial. Na temperatura de 30°C, ocorreu um maior escurecimento do bagaço, diferindo do padrão desde o primeiro mês de avaliação. Foi classificada após 6 meses como moderadamente mais escura que o padrão, diferindo significativamente da cor inicial. O escurecimento do bagaço de maçã foi maior na temperatura de 40°C, onde com apenas 45 dias as amostras foram classificadas como moderadamente mais escura e após os 3 meses de estocagem, como muito mais escura que o padrão. As médias de cor obtidas durante o período de armazenamento indicam que o escurecimento foi diretamente proporcional a temperatura utilizada, ou seja, as amostras armazenadas a 40°C apresentaram coloração significativamente mais escura que as demais amostras, o que pode ser observado na Figura 03.

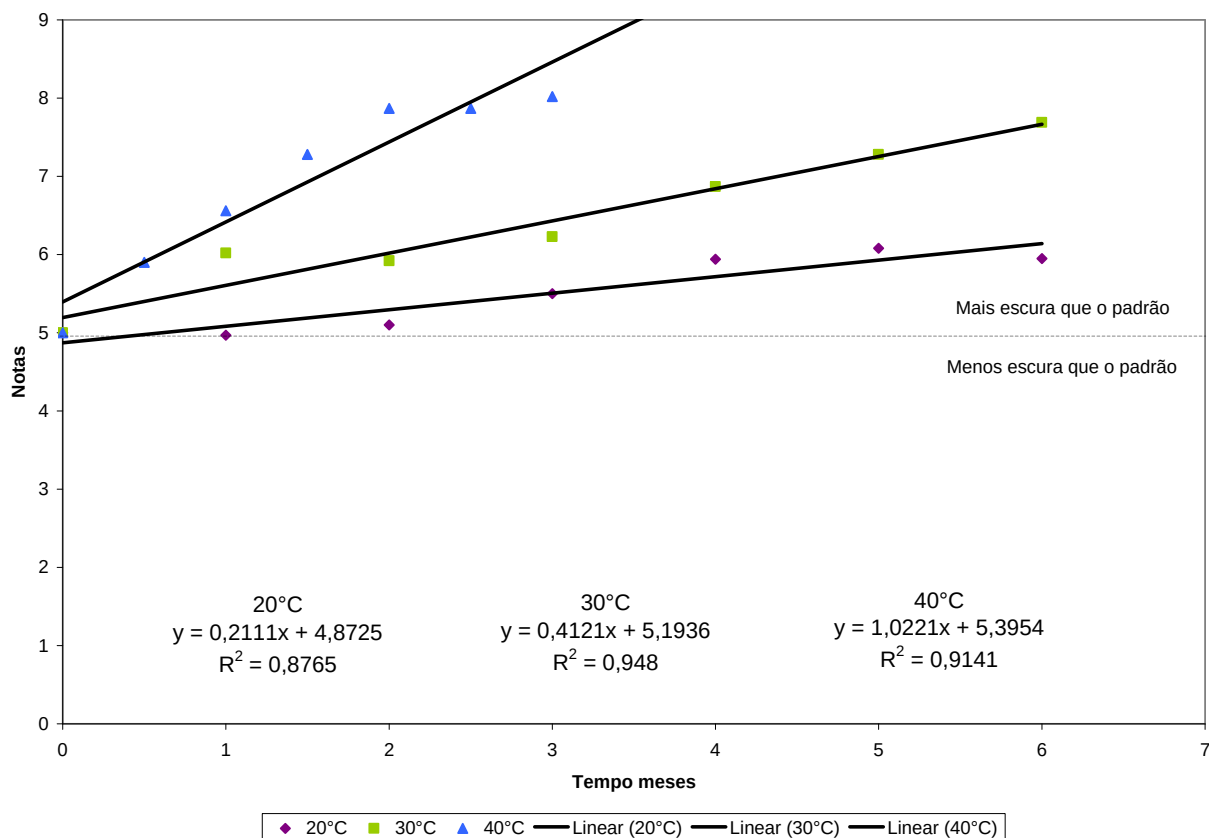


FIGURA 03 – Cinética da reação de escurecimento em amostras de bagaço de maçã, armazenadas em temperaturas de 20 e 30°C por 6 meses e 40°C por 3 meses

Estes dados demonstraram que a reação de escurecimento é um dos fatores limitantes para a vida de prateleira do bagaço de maçã, havendo relação direta com o aumento da temperatura, o que da mesma forma foi observado por Moura et al. (2007). Segundo Sarantopóulos (2001), a elevação da temperatura está diretamente relacionada com o aumento da velocidade das reações de deterioração, principalmente à atividade enzimática, ao escurecimento não enzimático e às reações de oxidação. Segundo Teixeira Neto e Moura (2004) o escurecimento não enzimático é altamente dependente da temperatura, sendo que acima de 35°C pode ser a reação de deterioração predominante em faixas intermediárias de atividade de água.

O limite de escurecimento aceito neste trabalho foi o moderadamente mais intenso que o padrão, onde os julgadores observaram que as diferenças de cor eram mínimas e difíceis de serem notadas. A vida de prateleira do bagaço desidratado de maçã para o fator limitante cor foi calculada através das equações lineares, o permitiu definir para as temperaturas de 20, 30 e 40°C um período de 10; 4,4 e 1,6 meses, respectivamente.

A fibra de linhaça e a de trigo utilizadas no treinamento para cor, quando comparadas com o bagaço de maçã recém processado, foram classificadas pelos julgadores como extremamente mais escura (nota 9 na escala de nove pontos) e muito mais clara que o padrão (nota 2), respectivamente. Existe uma grande variedade de tonalidades para o mercado de fibras, justamente pelas diversas fontes de matéria prima. Apesar do escurecimento ocasionado pela alta temperatura e pelo período de estocagem, no teste acelerado de vida-de-prateleira, o bagaço de maçã apresentou coloração menos intensa que a fibra de linhaça comercializada.

Os produtos com atividade de água entre 0,55 e 0,85, próximo dos valores encontrados neste trabalho, são oxidados rapidamente. A presença de água livre nesses produtos aumenta a mobilidade dos reagentes e, conseqüentemente, a velocidade da reação (ARAÚJO, 2004). Na Tabela 15, pode ser observado os resultados da análise sensorial de comparação múltipla, para o odor do bagaço de maçã.

TABELA 15 – Resultados da avaliação sensorial de odor do bagaço de maçã, armazenado nas temperaturas de 20, 30 e 40°C

Tempo (meses)	Padrão	20°C	30°C	40°C
1	9,00 *a	8,87 *a A	7,72 *b A	7,74 *b A
2	9,00 *a	8,77 *b A	7,07 *c B	6,33 *d B
3	9,00 *a	8,02 *b B	5,38 *c C	4,02 *d C
4	9,00 *a	7,84 *b B	4,59 *c D	3,69 *d D
5	9,00 *a	6,82 *b C	3,92 *c E	3,02 *d E
6	9,00 *a	5,02 *b D	3,74 *c E	2,77 *d E

* As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, através do teste Tukey ao nível de 5%.

Letras minúsculas: comparação entre as colunas de uma mesma linha.

Letras maiúsculas: comparação entre as linhas de uma mesma coluna.

** De acordo com o plano de amostragem.

As amostras das temperaturas de 20, 30 e 40°C diferiram significativamente entre si em todas as avaliações (Tabela 15), com exceção da primeira e da segunda a 20°C. Ao comparar o odor inicial com o final foi observado diferença significativa em todas as amostras. A Figura 04 apresenta a cinética da reação da perda da qualidade do odor do bagaço de maçã quando armazenado em diferentes temperaturas.

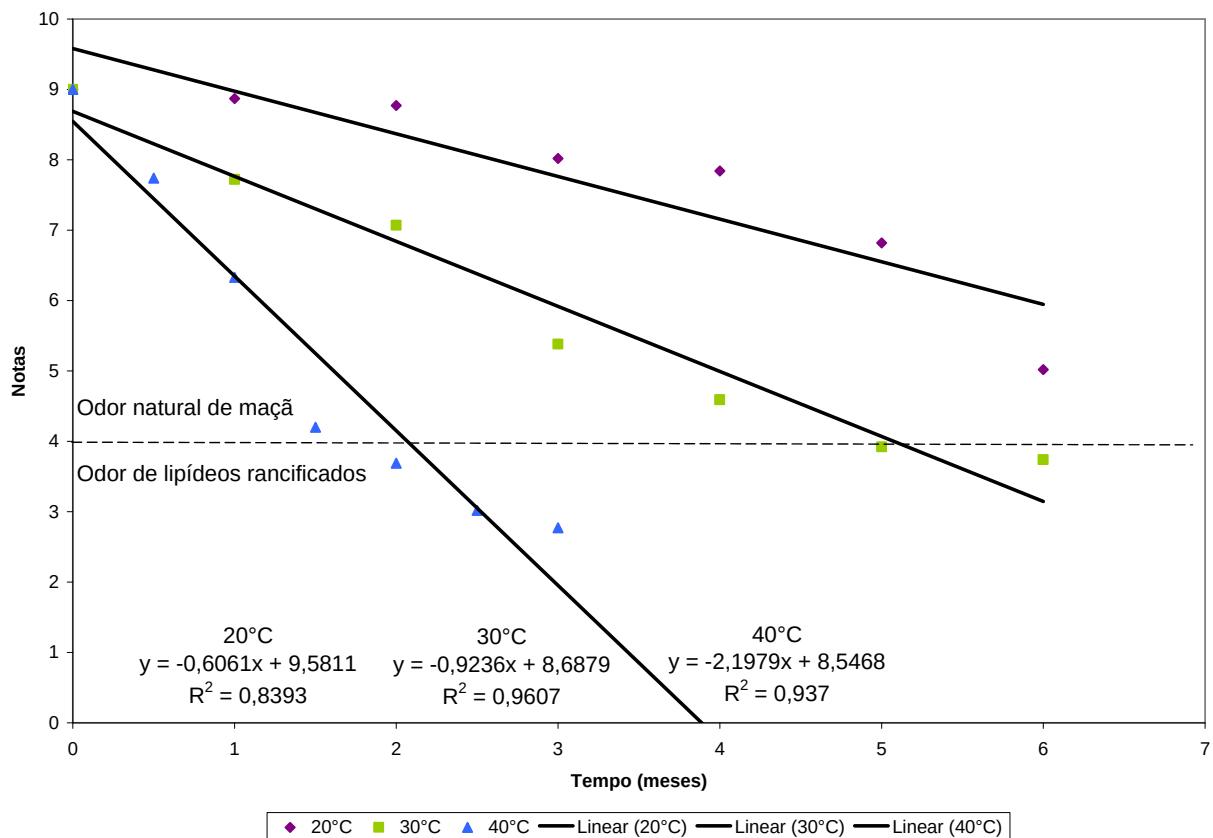


FIGURA 04 – Cinética da alteração de odor do bagaço de maçã, quando armazenado em temperaturas de 20 e 30°C por 6 meses e 40°C por 3 meses.

Na cinética de alteração de odor, apresentada na Figura 04, primeiramente ocorreu uma perda do aroma presente na fibra recém processada no decorrer do tempo de estocagem, sendo diretamente proporcional ao aumento da temperatura. Segundo Sarantópoulos (2001) a perda do aroma de um produto pode ser em função da permeação da embalagem, possibilitando a migração destes aromas ao ambiente, da oxidação de compostos de aroma pelo oxigênio do ar, em embalagem que não apresentam barreira a gases e pela absorção de aromas indesejáveis do meio.

Após a perda completa do odor característico da fruta, começou a ser notado o odor de ranço. E desta forma, se verificou que a oxidação dos lipídeos foi um dos fatores limitantes da vida de prateleira da fibra de maçã. Alguns desses compostos da

oxidação, mesmo, em quantidades diminutas (2-3 ppm) já conferem odor indesejável ao alimento, ou seja, mesmo com oxidação ainda incipiente já são detectados negativamente no alimento (TEIXEIRA NETO; MOURA, 2004). O odor de ranço foi considerado inaceitável, sendo que o limite foi o odor de maçã ligeiramente menos intenso que o padrão. A vida de prateleira do bagaço desidratado de maçã para o fator limitante odor foi calculada através das equações lineares, o permitiu definir para as temperaturas de 20, 30 e 40°C um período de 11,4; 6 e 2 meses, respectivamente. Desta forma, na temperatura de 20°C a vida de prateleira foi de 10 meses, referente ao fator limitante cor, mais os 45 dias de armazenamento pré teste.

5.3 PROCESSO DE EXTRUSÃO

5.3.1 Otimização

Para otimizar a extrusão da farinha mista de fubá e bagaço de maçã foram realizados ensaios prévios, onde o objetivo foi verificar o ponto máximo de adição de bagaço, a partir dos dados de Bombo (2006) que obteve bons resultados com produtos com 30 % de linhaça. Na Tabela 16 estão demonstrados os resultados da variação da razão de expansão (RE) em função da umidade, da quantidade e do tipo de bagaço.

TABELA 16 – Resultados da razão de expansão (RE) em função da umidade, da quantidade e do tipo de bagaço, em produtos extrusados

Ensaio	x ₁	U%	x ₂	% de bagaço	x ₃	Tipo de bagaço	y ₁ RE*
1	-1	10	-1	30	-1	BL**	2,10 ± 0,141
2	+1	13	-1	30	-1	BL	2,37 ± 0,318
3	-1	10	+1	50	-1	BL	1,72 ± 0,106
4	+1	13	+1	50	-1	BL	1,82 ± 0,106
5	-1	10	-1	30	+1	BI***	2,24 ± 0,084
6	+1	13	-1	30	+1	BI	2,56 ± 0,084
7	-1	10	+1	50	+1	BI	1,98 ± 0,162
8	+1	13	+1	50	+1	BI	2,00 ± 0,169

* Razão de expansão

** Bagaço lavado em laboratório

*** Bagaço industrial inicial

Com um limite de confiança de 95%, os fatores significativos foram o tipo de bagaço (industrial e o lavado) e as interações de umidade e quantidade de bagaço adicionado, que esta representada na Figura 05.

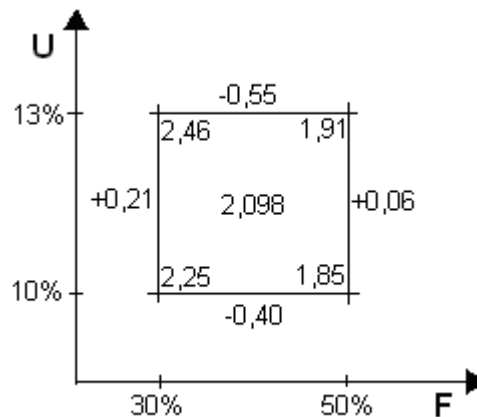


FIGURA 05 - Interpretação geométrica da interação umidade (U) e fibra (F)

Na Figura 05, quando se aumenta a incorporação de bagaço de 30 para 50 %, ocorre a diminuição da expansão, sendo esta queda mais pronunciada com a umidade superior. O aumento da umidade de 10 para 13 % resultou em uma maior expansão, sendo a interação mais pronunciada a de menor porcentagem de fibra. Isto evidencia que o intervalo do teor de umidade, de apenas 3 %, estava pequeno e pouco influenciou na maior porcentagem de fibra.

Com o intuito de verificar o quanto a adição do bagaço de maçã influencia na expansão, fez-se um teste apenas com o fubá. Foi utilizado 10 % de umidade, mantendo os demais fatores fixos. O fubá teve uma expansão média de $3,66 \pm 0,130$. Nos ensaios com bagaço de maçã a maior expansão foi de $2,56 \pm 0,084$, desta forma foi possível confirmar que a adição da fibra foi prejudicial à expansão dos produtos extrusados. O bagaço lavado ("BL") apresentava maior teor de fibras, quando comparado com o bagaço industrial inicial ("BI"), o que explica a sua menor expansão (Figura 06).



FIGURA 06 - Amostras dos produtos extrusados enriquecidos com fibras, da esquerda para a direita, bagaço "BL" 50 e 30 %; bagaço tipo "BI" 50 e 30 % e somente de fubá

Segundo Ascheri, Ascheri e Carvalho (2006) a relação inversa entre a porcentagem de farinha de bagaço de jabuticaba e o índice de expansão se deve à diminuição da proporção de material amiláceo na mistura e as fibras incluídas não fornecem suficiente material viscoso, afetando as propriedades reológicas do produto extrusado. Porém alguns trabalhos evidenciaram que a adição de fibra não teve efeito significativo sobre a expansão (BOMBO, 2006).

Com um teor de umidade de 13 % os produtos extrusados apresentaram uma maior expansão, quando comparado com o teor de 10 %, que em análise visual (Figura 07), tiveram seu formato afetado. Para os extrusados feitos somente com fubá, com a mesma umidade (10 %), não foi observado alterações no formato. A extrusão de matérias-primas com altos teores de proteínas e fibras requer valores de umidade superiores quando comparado ao processo de alimentos com base exclusivamente amilácea (AREAS, 1996). Isto explica a maior expansão com maiores valores de umidade, pois os produtos constituídos, principalmente de amido apresentam uma maior expansão com menor umidade. Karam, Grossmann e Silva (2001) observaram que em condições de alta umidade pode ocorrer alterações no formato, aparência e estrutura dos “snacks”.

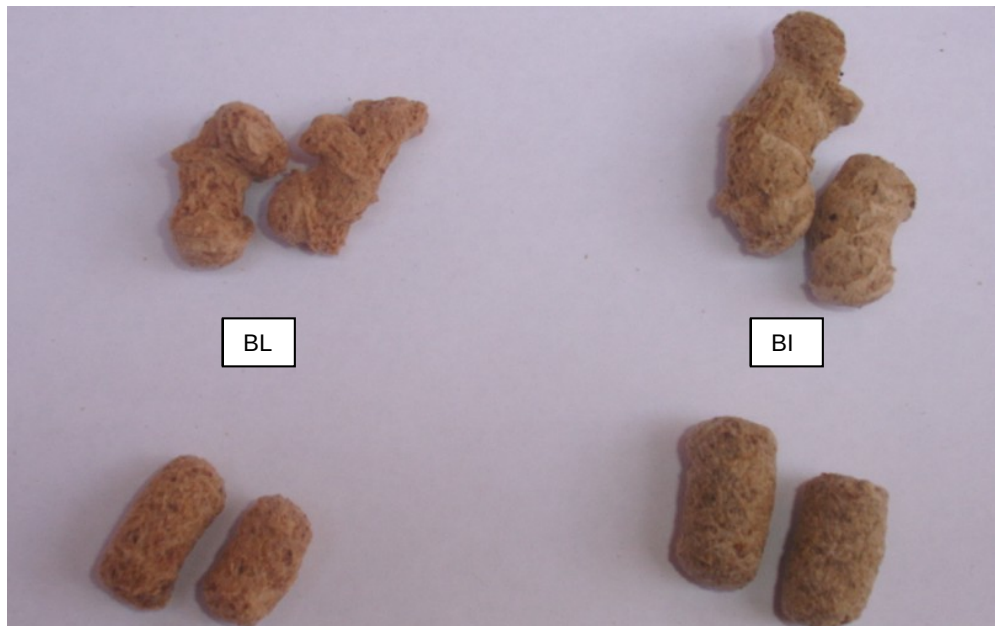


FIGURA 07 - Amostras dos produtos extrusados com 30 % de bagaço, demonstrando alteração no formato, quando submetidos à baixa umidade (10 %)

Segundo Coelho (2006) o teor de umidade inferior a 11 % prejudica o processo de extrusão, como foi constatado neste estudo. Segundo Bombo (2007) e Coelho (2006) o ponto máximo de expansão para “snacks” de milho, foi obtido em um teor de umidade de 13,5 %. Desta forma, a umidade de produtos ricos em fibras, segundo Arêas (1992), deveria estar acima da ideal para materiais amiláceos, ou seja, acima de 14 %.

5.3.2 Análises físicas dos produtos extrusados

Na Tabela 17 estão apresentados os resultados da variação da razão de expansão (RE); dureza (D) e volume específico (VE) em função da umidade, da quantidade de bagaço e da temperatura.

TABELA 17 – Resultados da razão de expansão (RE); dureza (D) e volume específico (VE) em função da umidade, da quantidade de bagaço e da temperatura, em produtos extrusados

Ensaio	x ₁	U%	x ₂	% de bagaço	x ₃	Temp. °C	y ₁ RE*	y ₂ D**	Volume específico (mL.g ⁻¹)
1	-1	14	-1	8	-1	85	3,55 ± 0,212	36,15 ± 3,60	9,25 ± 0,212
2	+1	22	-1	8	-1	85	2,99 ± 0,134	52,93 ± 1,96	6,85 ± 0,353
3	-1	14	+1	24	-1	85	2,75 ± 0,098	39,45 ± 2,48	7,30 ± 0,282
4	+1	22	+1	24	-1	85	2,35 ± 0,127	58,19 ± 3,27	4,75 ± 0,070
5	-1	14	-1	8	+1	105	3,19 ± 0,084	19,53 ± 3,39	9,10 ± 0,141
6	+1	22	-1	8	+1	105	2,00 ± 0,212	44,78 ± 3,69	6,65 ± 0,353
7	-1	14	+1	24	+1	105	2,50 ± 0,141	27,11 ± 3,96	6,50 ± 0,141
8	+1	22	+1	24	+1	105	1,85 ± 0,240	44,47 ± 5,53	3,40 ± 0,565
9	0	18	0	16	0	95	3,04 ± 0,176	55,37 ± 4,28	5,50 ± 0,489
10	0	18	0	16	0	95	3,10 ± 0,210	55,26 ± 4,20	5,35 ± 0,150
11	0	18	0	16	0	95	3,06 ± 0,142	53,55 ± 3,25	5,78 ± 0,241

* Razão de expansão

** Dureza

5.3.2.1 Razão de expansão

O ensaio número 1 obteve a maior expansão (Tabela 17), com a menor porcentagem de bagaço (8 %), umidade de 14 % e temperatura de 85°C. O produto final do ensaio 7, apresentou alterações no formato, pelo alto conteúdo de fibras, baixo conteúdo de umidade e alta temperatura. Os ensaios com a maior porcentagem de fibra adicionada apresentaram coloração mais escura, em análise visual (Figura 08).



FIGURA 08- Amostras de produtos extrusados dos diferentes ensaios. A primeira é referente ao ponto central, seguido dos ensaios de 1 a 4 na segunda fileira e dos ensaios 5 a 8 na última fileira.

Os valores de razão de expansão variaram de 1,85 a 3,55. Megegassi et al. (2007), em extrusados de mandioquinha salsa obtiveram expansões próximas a estes valores, que variaram de 2,37 a 3,50. Borba (2005) em produtos de batata doce obteve valores inferiores (entre 1,9 a 2,6), semelhante aos resultados de Sebío (1996), que variaram de 1,2 a 2,6.

Capriles e Arêas (2005) desenvolveram extrusados de milho com razão de expansão de 4,6, em processo com umidade de 16 % e temperatura da terceira zona de 90°C. No ponto central do presente estudo, onde a umidade era de 18 %, a temperatura de 95°C, com adição de 16 % de bagaço de maçã, foi obtido uma razão

média de expansão de 3,05, o que demonstra a influencia negativa da fibra. Com um limite de confiança de 95 %, os fatores significativos foram todas as interações de segundo grau entre as variáveis umidade e quantidade de fibra; umidade e temperatura e a interação entre fibra e temperatura.

O maior teor de umidade foi prejudicial à expansão do produto final, sendo este fato mais pronunciado na menor porcentagem de fibra adicionada. Segundo Arêas (1996), o aumento da quantidade de fibras requer valores de umidade superiores. Portanto, a mistura do fubá com o bagaço de maçã desidratado, com maior porcentagem de fibra (24 %), permitiu maior adição de água, com menores perdas na expansão, quando comparada com a menor porcentagem de fibra. A adição de fibra diminuiu a expansão do extrusado, o que foi evidenciado por vários autores (HUBER, 2002; ASCHERI; ASCHERI; CARVALHO, 2006; LEORO, 2006).

A expansão foi afetada pela umidade, principalmente, quando o processo foi conduzido na maior temperatura (105°C). Alves e Grossmann (2002) verificaram que estas variáveis foram negativas à expansão de “snacks” de cará, os maiores valores foram obtidos com umidade próxima a 16 % e com temperatura de 120°C, sendo estes os níveis inferiores. Hashimoto e Grossmann (2003) observaram, em extrusados de farelo de mandioca, que o aumento da temperatura de 120 para 150°C, diminuiu a razão de expansão; provavelmente, pela evaporação violenta da água, causando a quebra da estrutura, dificultando a expansão. Menegassi et al. (2007) verificaram, em extrusados de mandioquinha salsa, que quanto menor o teor de umidade no material (13%), maiores foram os índices de expansão. Porém, segundo Borba (2005) em extrusados de batata doce, o índice de expansão apresentou valores crescentes com a temperatura sob teores de 15% de umidade, o que, foi evidenciado por Sebio (1996).

A temperatura foi negativa à expansão, entretanto foi positiva quando se aumentou a porcentagem de fibra. Leoro (2006) relatou que os produtos extrusados enriquecidos com fibra de maracujá apresentaram um maior índice de expansão com os menores valores de umidade, temperatura e teor de farelo de maracujá. Ascheri, Ascheri e Carvalho (2006) verificaram em extrusados de arroz e de jabuticaba, que a maior razão de expansão (3,26) foi alcançada numa formulação contendo aproximadamente 10 % de bagaço, em temperatura de 130°C. No presente trabalho a maior expansão foi de 3,55, no ensaio 1, onde a adição de bagaço de maçã era de 8 %.

5.3.2.2 Dureza

A dureza (resistência a ruptura) é um dos fatores que determina a aceitabilidade dos extrusados (ALVES; GROSSMAN, 2002). No caso de “snacks”, se deseja minimizar a dureza dos produtos extrusados, diferente dos cereais matinais, que precisam de uma estrutura mais fechada ou compacta para evitar a rápida absorção da umidade, no caso de imersão em leite (LEORO, 2006).

Os produtos extrusados apresentaram valores de dureza entre 19,53 N e 58,19 N para os 11 ensaios. Leoro (2006) obteve em extrusados de fibra de maracujá resultados inferiores, que variaram de 9,36 N e 25,73 N, porém neste estudo foram utilizadas maiores temperaturas. Os resultados de dureza de snacks aromatizados do trabalho de Capriles e Arêas (2005) variaram de 39,00 N a 62,08 N.

Foi possível verificar que os menores valores de dureza foram obtidos com os menores teores de umidade e as maiores temperaturas, sendo possível verificar no ensaio 5 (19,53 N) e no 7 (27,11 N) (Tabela 17).

O aumento da temperatura diminuiu a dureza dos extrusados, diferente da umidade e da porcentagem de fibra, que acarretou em maiores valores desta variável. Semelhante ao encontrado por Alves e Grossmann (2002) e por Leoro (2006), onde os menores valores de dureza foram sob baixa umidade e alta temperatura. Porém, Sebio (1996) observou em extrusados de farinha de inhame, que os maiores valores de dureza foram obtidos a baixas temperaturas (100°C) e alta umidade (26%). Borba (2005) verificou em extrusados de batata doce que a dureza foi menos acentuada, quando a umidade e a temperatura encontravam-se em seus valores mais baixos.

Na Figura 09 pode ser observado que a dureza foi inversamente proporcional a razão de expansão.

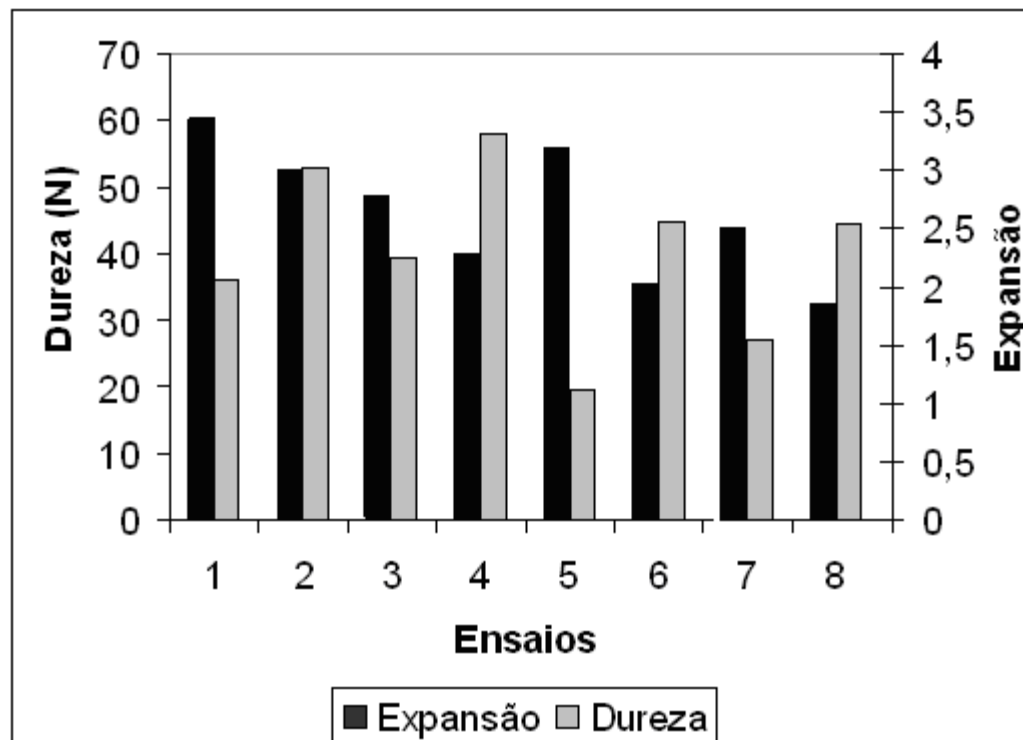


FIGURA 09- Relação entre razão de expansão e dureza em função de cada ensaio, em produtos extrusados

Os produtos que apresentaram uma maior expansão têm uma estrutura porosa, o que diminui a dureza. Os produtos com menores expansões apresentam uma estrutura mais compacta, o que acarreta em uma maior dureza. O mesmo foi verificado por Leoro (2006) e Bombo (2006). No ensaio 2 foi possível verificar que ocorreu uma alta expansão e dureza, havendo um ponto de equilíbrio entre estas variáveis. Apesar da interação de terceira ordem, a umidade foi a que causou maior efeito sobre a dureza, aumentando-a. Portanto, o ensaio 2 apresentou um produto duro, porem com expansão considerável, isto porque o bagaço e a temperatura estavam no menor nível, o que é positivo para a expansão, enquanto a umidade no maior, aumentando a dureza.

5.3.2.3 Volume específico

O volume específico, assim como o índice de expansão, busca descrever, de forma indireta, o grau de transformação do grânulo de amido e as variações de peso e volume da massa amilácea ao sair do extrusor. O volume específico está relacionado com a porosidade do produto e depende, basicamente, das propriedades de viscosidade e elasticidade da massa fundida (MENEGASSI et al., 2007).

Na Tabela 17 pode ser observada a influencia da umidade, da porcentagem de bagaço e da temperatura, no volume específico dos extrusados, que variou de 3,40 a 9,25 mL.g⁻¹. Valores próximos foram encontrados por Lustosa, Leonel e Mischan (2008) em extrusados de mandioca (2,63 a 8,43 mL.g⁻¹) e por Leonel et al. (2006) com inhame (1,67 a 9,11 mL.g⁻¹). O maior volume específico, encontrado em “snacks” de farinha de cará, por Alves e Grossmann (2002) foi de 6,32 mL.g⁻¹.

Camargo, Leonel e Mischán (2008) em extrusados de polvilho azedo com fibras de farelo de mandioca obtiveram volume específico que variou de 1,5 a 5,6 mL.g⁻¹. Menegassi et al. (2007), encontraram valores entre 1,02 a 3,76 mL.g⁻¹. Segundo Alves e Grossmann (2002) o valor médio do volume específico de “snacks” comerciais de milho foi de 8,72 mL.g⁻¹, inferior aos ensaios 1 e 5 deste trabalho, que apresentaram 8 % de fibra de maçã adicionada.

Foi observado interações de segundo grau entre os fatores umidade e fibra e entre fibra e temperatura. Pode se verificar que o aumento da porcentagem de umidade diminuiu o volume específico, sendo mais pronunciado com a maior porcentagem de bagaço adicionado. O aumento da fibra diminuiu o volume específico, principalmente, quando se tem um maior teor de umidade. Resultados semelhantes foram observados por Camargo, Leonel e Mischán (2008) onde os maiores valores de volume específico ocorreram nas condições em que não foi adicionado farelo de mandioca e o teor de umidade inicial do material era baixo. A interação de segundo grau entre o bagaço e a temperatura, demonstrou que o aumento da fibra diminuiu o volume específico, sendo maior sob altas temperaturas. A temperatura diminuiu o volume específico, principalmente com a maior porcentagem de bagaço.

A umidade, a temperatura e a fibra influenciaram significativamente o volume específico, sendo que quanto maior estas variáveis, menor o volume específico. O mesmo foi encontrado por Leonel et al. (2006) onde os maiores valores foram obtidos nas condições de baixa umidade (12 %) e baixa temperatura (100°C), assim como foi observado por Leoro (2006), em extrusados de maracujá. Porém Lustosa, Leonel e Mischán (2008) verificaram que nas condições de elevada umidade e baixa temperatura o volume específico foi menor. Alves e Grossmann (2000) e Karam; Grossmann e Silva

(2001) verificaram em extrusados de cará, a tendência para maiores valores de volume específico, com maior temperatura de extrusão (175°C) e menor de umidade (17 %) da matéria-prima.

Pode ser observado que o volume específico foi diretamente relacionado com a razão de expansão (Figura 10). O mesmo foi descrito por Karan; Grossmann e Silva (2001) acrescentando que o volume específico foi negativamente correlacionado com a densidade.

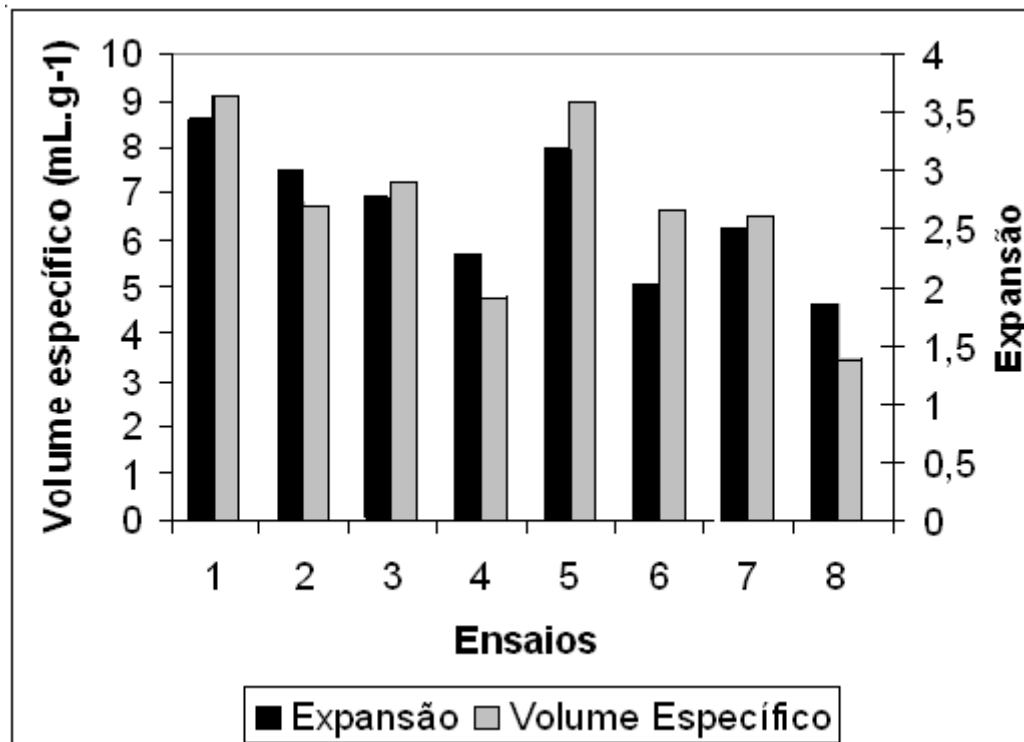


FIGURA 10- Relação entre razão de expansão e o volume específico em função de cada ensaio, em produtos extrusados

Os produtos com maior expansão apresentam uma estrutura porosa, que resulta em um maior volume, aumentando assim o volume específico, que nada mais é que a razão entre o volume e o peso. Produtos com uma estrutura compacta apresentam maior densidade e menor volume específico.

5.3.3 Avaliação das propriedades físico-química dos produtos extrusados

Na Tabela 18 estão demonstrados os resultados da variação do índice de solubilidade em água, índice de absorção de água e a absorção de leite em função da umidade, da quantidade de bagaço e da temperatura.

TABELA 18 – Médias das propriedades físico-químicas dos extrusados enriquecidos com fibra de maçã

Ensaio	x ₁	U %	x ₂	% de bagaço	x ₃	Temp. °C	ISA* (%)	IAA** (g água/g)	Absorção de leite após 10 min (%)***
1	-1	14	-1	8	-1	85	15,88 ± 0,283	6,97 ± 0,283	134,0 ± 1,414
2	+1	22	-1	8	-1	85	25,21 ± 0,283	7,89 ± 0,141	65,0 ± 9,390
3	-1	14	+1	24	-1	85	25,01 ± 1,414	7,36 ± 0,431	70,50 ± 2,121
4	+1	22	+1	24	-1	85	25,26 ± 0,375	8,04 ± 0,169	61,00 ± 4,313
5	-1	14	-1	8	+1	105	21,85 ± 0,919	7,61 ± 0,226	158,5 ± 0,707
6	+1	22	-1	8	+1	105	31,68 ± 0,636	9,25 ± 0,283	66,50 ± 2,121
7	-1	14	+1	24	+1	105	27,60 ± 0,848	8,15 ± 0,325	58,30 ± 2,687
8	+1	22	+1	24	+1	105	33,07 ± 1,513	8,93 ± 0,127	52,40 ± 5,345
9	0	18	0	16	0	95	16,22 ± 0,262	7,41 ± 0,325	63,06 ± 0,914
10	0	18	0	16	0	95	16,88 ± 0,301	7,22 ± 0,278	61,90 ± 3,489
11	0	18	0	16	0	95	17,01 ± 0,228	7,54 ± 0,189	62,40 ± 1,981

* Índice de solubilidade em água

** Índice de absorção de água

*** Percentual de absorção de leite sobre o peso inicial do biscoito

5.3.3.1 Índice de solubilidade em água

O índice de solubilidade em água consiste na quantidade de sólidos solúveis presentes em uma amostra seca, o que permite verificar o grau de severidade do tratamento, em função da degradação, gelatinização, dextrinização e conseqüente solubilização do amido (ASCHERI; ASCHERI; CARVALHO, 2006). A característica de pegajosidade de alguns produtos amiláceos extrusados está relacionada com o aumento de sua solubilidade (SEBIO, 1996).

Os produtos extrusados apresentaram valores de solubilidade em água entre 15,88 e 33,07 %, para os 11 ensaios (Tabela 18). Estes valores ficaram próximos dos reportados por Leoro (2006), onde a solubilidade variou de 17,70 a 35,15 % em extrusados de farelo de maracujá e por Sebio (1996) de 14 a 37 %, para extrusados de inhame. Foi superior ao relatado por Borba (2005) em extrusado de batata doce, ficando entre 10,67 e 22,16 %. Entretanto, Menegassi et al. (2007) verificaram que o índice de solubilidade em água de extrusados de mandioquinha-salsa variou de 55,49% a 78,46% e os autores ressaltaram que valores menores podem ser devido as condições operacionais empregadas, que podem levar a degradação acentuada do amido. Para o índice de solubilidade em água ocorreu interação de todas as variáveis (umidade, bagaço e temperatura).

A umidade, o bagaço e a temperatura foram positivas para o índice de solubilidade em água dos produtos extrusados. O aumento da solubilidade dos produtos extrusados com a maior porcentagem de bagaço pode ser explicável pela fração solúvel, representada pela pectina, na fibra de maçã e pelo aumento da

solubilidade da fibra através do processo de extrusão (ZAGAROZA et al., 2001). Segundo Ascheri et al. (2006) durante a extrusão pode ocorrer a solubilização da fibra de algumas fontes alimentares dependendo da severidade do processo, como a alta temperatura e baixo teor de umidade. De acordo com o trabalho de Larrea; Chang e Martinez-Bustos (2005) a extrusão aumenta os valores de solubilidade em água dos constituintes da polpa de laranja. Este resultado indica que o processo de extrusão permite a solubilização de substâncias pécicas.

Assim como neste estudo Leoro (2006) observou que os maiores valores de solubilidade em água foram encontrados para maiores teores de farelo. A temperatura do processo e a sua interação com a umidade tiveram um efeito positivo sobre este índice. Porém, Hashimoto e Grossmann (2003) observaram em extrusados de farelo de mandioca que a solubilidade em água diminuiu com o aumento do farelo na mistura e da temperatura. Segundo os autores o maior conteúdo de fibras poderia ter promovido interações com o amido, reduzindo o índice de solubilidade. As fibras do farelo de mandioca apresentam menores teores de fibras solúveis que a de maçã.

O aumento da temperatura resultou em maiores valores de solubilidade em água, este efeito foi da mesma forma observado por Leonel et al. (2006) onde a temperatura elevada (130°C) promoveu maiores valores deste índice. Fernandes et al. (2002) verificaram em extrusados de soja (20 e 30%) e canjiquinha que o índice de solubilidade em água atingiu os maiores níveis com o aumento da temperatura do cilindro na zona 3 até 110°C, diminuindo acima desta. Ascheri, Ascheri e Carvalho (2006) verificaram que este índice aumentou com a diminuição da temperatura, alcançando o maior valor desta variável, 17,55%, em 100°C, onde ocorreu uma maior gelatinização do material amiláceo. A temperatura, neste caso, exerceu um efeito

negativo, porém se deve considerar que a temperatura mínima (100°C) coincidiu com a máxima deste estudo (105°C).

Na Figura 10 pode ser observado que o índice de solubilidade em água foi inversamente proporcional a razão de expansão.

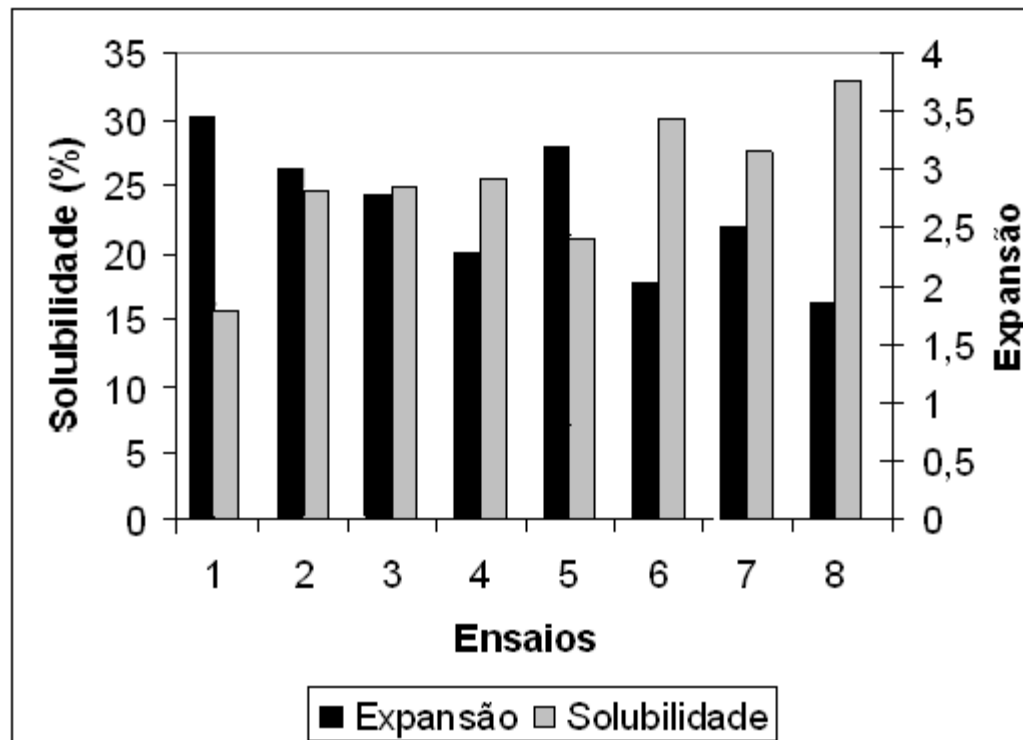


FIGURA 11- Relação entre razão de expansão e solubilidade em água em função de cada ensaio, em produtos extrusados

Como foi visto o processo de extrusão aumenta os valores de solubilidade das fibras (LARREA; CHANG; MARTINEZ-BUSTOS, 2005) e ao mesmo tempo diminui a expansão. Os maiores valores de solubilidade foram dependentes de condições mais severas do processo de extrusão, principalmente, relacionado à alta temperatura. Como o aumento da temperatura, da umidade e do bagaço foi prejudicial à expansão, estas propriedades foram inversas.

Quando comparados os resultados de solubilidade das matérias primas com os produtos extrusados foi observado um incremento nestes valores. O fubá e o bagaço desidratado apresentaram solubilidade em água de 3,56 e 18,04 %, respectivamente. Nos extrusados foram observados valores que variaram de 15,87 a 33,04 %. As amostras extrusadas com maior teor de fibra do bagaço de maçã obtiveram os maiores valores de solubilidade, embora essas formulações tenham menor quantidade de farinha (amido) para a dextrinização. Segundo Leoro (2006) este fenômeno ocorre devido aos valores de solubilidade das matérias primas, pois a fibra do bagaço de maçã apresentou um valor aproximadamente 5 vezes maior que o fubá, ou seja, uma maior incorporação desta fibra no produto final favoreceu a um aumento nos valores do índice, devido a sua composição, além da possível solubilização da fibra.

5.3.3.2 Índice de absorção de água

O índice de absorção em água de produtos extrusados depende da disponibilidade dos grupos hidrofílicos ($-OH$) para se ligarem às moléculas de água, que aumentam com a gelatinização e da capacidade de formação de gel das macromoléculas, que diminuem com a dextrinação (SEBIO, 1996).

Os resultados do índice de absorção de água variaram de 6,97 e 9,25 g de água/g material seco (Tabela 18), próximos aos valores citados por Leoro (2006), entre 7,57 a 9,55 g de água/g material seco, em extrusados de fibra de maracujá. Borba (2005) obteve um resultado inferior, variando de 5,0 a 6,2 g de água/ g de matéria seca. Menegassi et al. (2007), obtiveram valores superiores, que variaram de 8,28 a 14,38 g

de água/ g de matéria seca. Ocorreu influencia significativa dos parâmetros, havendo interações de segundo grau entre umidade e temperatura e umidade e fibra.

O aumento da umidade resultou nos maiores índices de absorção de água, sendo mais pronunciado sob alta temperatura. Borba (2005) verificou em extrusados de batata doce, que os maiores valores de absorção de água foram obtidos com temperatura de 100°C, próxima a mais elevada deste trabalho (105°C). Hashimoto e Grossmann (2003) verificaram que o aumento da temperatura de 150 a 210°C, resultou em uma diminuição deste índice, provavelmente por uma possível degradação da molécula do amido.

Processos térmicos como a extrusão elevam os valores de absorção de água, devido à gelatinização dos grânulos de amido e à desnaturação das proteínas que conduzem a mudanças conformacionais e estruturais. Os grânulos gelatinizados absorvem mais água que os no estado nativo, pois têm o seu balanço hidrofílico/hidrofóbico alterado (ALVIM; SGARBIERI; CHANG, 2002). O aumento da umidade e da fibra elevou o índice de absorção de água. A capacidade que a fibra dietética tem para reter água é devido principalmente, a hemicelulose, a pectina e as gomas que são as frações que representam a maior capacidade de retenção de água (ZAGAROZA et al., 2001).

Na Figura 12 pode ser observado que o índice de absorção de água foi inversamente proporcional a razão de expansão.

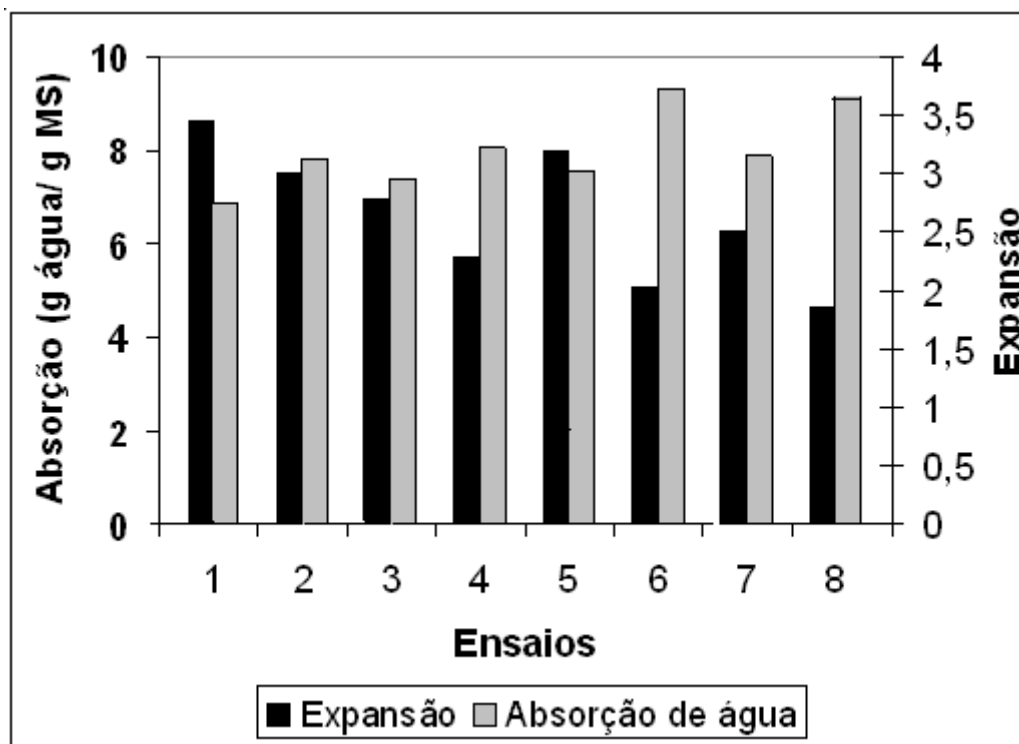


FIGURA 12- Relação entre razão de expansão e a absorção de água em função de cada ensaio, em produtos extrusados

Quando comparados os resultados do índice de absorção de água do fubá com os produtos extrusados foi possível observar um incremento nestes valores. Porém, ao se comparar com o bagaço de maçã, ocorreu uma diminuição dos valores deste índice. O fubá e o bagaço desidratado apresentaram absorção de água de 2,65 e 12,63 g de água/g de matéria seca, respectivamente. Os extrusados apresentaram valores que variaram de 6,97 a 9,25 g de água/g de matéria seca. Assim como com o índice de solubilidade em água as amostras extrusadas com maior teor de fibra do bagaço de maçã tiveram os maiores valores do índice de absorção de água, embora essas formulações tenham menor quantidade amido para a dextrinização. Isto é explicável pela capacidade da fibra absorver água.

5.3.3.3 Absorção de leite

Os extrusados, em seu formato original, foram submetidos ao teste de absorção de leite. Em cereais matinais, uma baixa absorção de leite é importante para que o mesmo mantenha sua crocância e o seu formato (COELHO, 2006). Na Tabela 18, é possível verificar a absorção de leite pelas amostras de extrusados em um período de 10 minutos. Os extrusados que obtiveram maior razão de expansão foram os que mais absorveram leite neste período de tempo.

Segundo trabalho de Coelho (2006), em cereais matinais, a absorção média de leite foi de 50 %. O índice de absorção de leite, após 10 minutos, variou de 52,4 a 158,5 % indicando que os parâmetros utilizados para as variáveis, possibilitariam obter produtos como cereais matinais que devem absorver pouco leite para manterem a crocância quando consumidos, bem como extrusados expandidos tipo “snacks”, cuja a textura mais porosa é desejada, e que esta relacionada com a maior absorção de leite.

Ocorreu interação de terceiro grau, onde todas as variáveis independentes influenciaram negativamente na absorção de leite dos produtos extrusados. Os níveis superiores de fibra, de umidade e de temperatura resultaram em produtos de estrutura mais compactada, pois apresentaram uma menor expansão; menor volume específico e, portanto, maior densidade. Na Figura 13 pode ser observado que o índice de absorção de água foi diretamente proporcional a razão de expansão.

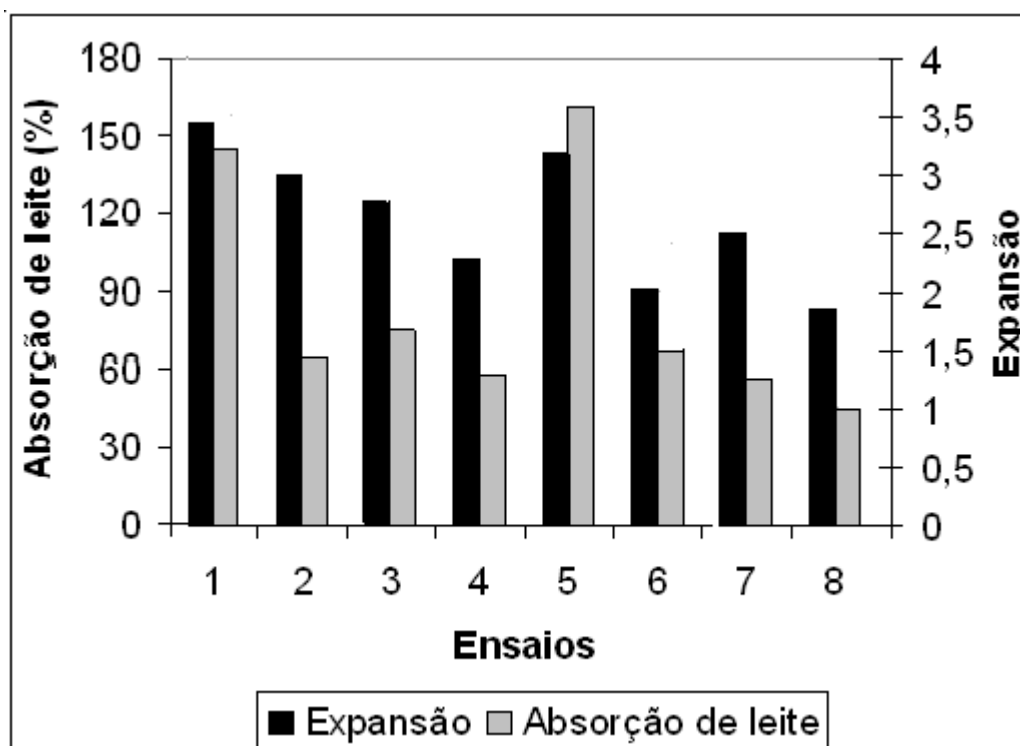


FIGURA 13- Relação entre razão de expansão e a absorção de leite em função de cada ensaio, em produtos extrusados

A análise de absorção de leite foi realizada com o produto no seu formato original, diferente da análise do índice de absorção de água, que foi com o produto triturado. Desta forma, a estrutura do extrusado afetou a absorção de leite, sendo maior em produtos com maior expansão, justamente por sua estrutura porosa.

5.3.3 Caracterização físico-química dos extrusados.

A Tabela 19 apresenta a caracterização físico-química dos produtos extrusados de fibra de maçã, que obtiveram os melhores resultados nas análises físicas.

TABELA 19 – Caracterização físico-química dos extrusados de fibra de maçã (%).

Amostras	Umidade	Cinzas	Lipídeo	Proteína	Fibra Alimentar	Carboidrato
Extrusado 8%*	8,56 ± 0,21	1,02 ± 0,01	1,14 ± 0,09	4,86 ± 0,13	11,37 ± 1,48	72,74
Extrusado 24%**	7,77 ± 0,15	1,32 ± 0,02	1,90 ± 0,10	4,71 ± 0,11	21,40 ± 0,41	54,58

* referente ao ensaio 1, com 8% de bagaço de maçã

** referente ao ensaio 3, com 24% de bagaço de maçã

Esta análise foi feita antes dos extrusados passarem por uma desidratação em estufa de 60°C. Após este processo a umidade foi mantida em aproximadamente 4 %. Na Tabela 19, pode ser observado que ao aumentar o percentual de bagaço de 8 para 24 %, ocorreu um incremento na quantidade de cinzas de 29 %, de lipídeo de 66 % e de fibras de 84 %. Por outro lado ocorreu uma diminuição de 29% para os carboidratos. Os produtos extrusados com 8 e 24 % de bagaço foram considerados, segundo a Resolução Normativa nº 27 da Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária, como alimentos com elevado conteúdo de fibra alimentar, uma vez que apresentaram mais que 6 % de fibras alimentares.

O resultado da caracterização físico-química das matérias-primas apresentadas na Tabela 08 (fração fina) e na Tabela 09 (fubá 2) foram utilizados para verificar se ocorreu variação do conteúdo antes e após a extrusão. Ao se comparar os teores de lipídeo foi observado uma redução neste valor após a extrusão. A redução de lipídeos livres pode ser explicada pela interação amido-lipídeo. Os lipídeos se complexam na parte interna da molécula do amido, onde as ligações são de caráter apolar (ARÊAS, 1992).

Quando se adicionou 8 e 24% de bagaço de maçã, o conteúdo de fibra alimentar aumentou de 8,45 e 17,23%, na matéria prima, para 11,37 % e 21,40 %, no produto final, respectivamente. Segundo Permia; Infante e Ochoa (2001) processos térmicos combinados com diferentes níveis de pressão propiciariam a um maior conteúdo de amido resistente, o qual contribuiria para o aumento da fibra insolúvel.

O conteúdo protéico e de minerais não foi afetado pelo processo de extrusão. Ascheri et al. (2001) verificaram ao extrusarem uma farinha mista de quinoa e arroz, que a melhor forma de preservar o aminoácido lisina, foi em processo com umidade de 15 % e uma temperatura de extrusão abaixo de 180°C, neste presente estudo as temperaturas utilizadas ficaram abaixo deste nível, sendo a maior de 105°C.

5.4 PANIFICAÇÃO

5.4.1 Propriedades físicas dos biscoitos

A adição de fibras em biscoitos pode acarretar alterações físicas nos mesmos, entre elas pode-se citar o escurecimento, a diminuição da expansão e o aumento do volume específico (PEREZ; GERMANI, 2007). Desta forma foi utilizado um planejamento estatístico 2^3 , que pode ser observado na Tabela 20, onde as variáveis independentes foram a porcentagem de bagaço; de gordura e de açúcar adicionada.

TABELA 20 – Resultados da razão de expansão (RE), da dureza (D) e do volume específico (VE) em função da adição de bagaço, gordura e açúcar.

Ensaio	x ₁	B (%)*	x ₂	G (%)*	x ₃	A (%)*	y ₁ RE**	y ₂ D*** N	Volume específico mL.g ⁻¹
1	-1	10	-1	17	-1	27	2,31 ± 0,239	12,45 ± 1,56	2,49 ± 0,051
2	+1	26	-1	17	-1	27	1,60 ± 0,128	20,37 ± 3,65	0,91 ± 0,014
3	-1	10	+1	33	-1	27	2,14 ± 0,224	7,41 ± 0,80	2,09 ± 0,173
4	+1	26	+1	33	-1	27	1,72 ± 0,214	11,46 ± 1,43	1,63 ± 0,133
5	-1	10	-1	17	+1	43	2,95 ± 0,285	16,92 ± 3,86	1,98 ± 0,177
6	+1	26	-1	17	+1	43	1,65 ± 0,033	18,44 ± 2,76	1,33 ± 0,086
7	-1	10	+1	33	+1	43	1,93 ± 0,094	7,84 ± 0,94	1,73 ± 0,084
8	+1	26	+1	33	+1	43	1,81 ± 0,159	11,51 ± 1,90	1,81 ± 0,111
9	0	18	0	25	0	35	2,24 ± 0,101	8,27 ± 1,63	1,79 ± 0,181
10	0	18	0	25	0	35	2,29 ± 0,210	8,45 ± 1,21	1,62 ± 0,215
11	0	18	0	25	0	35	2,32 ± 0,246	8,48 ± 2,12	1,84 ± 0,127

* Variáveis independentes B – bagaço; G – gordura e A - açúcar

** Razão de expansão

*** Dureza

As formulações obtidas nos ensaios número 2 e 6 apresentaram dificuldades tecnológicas para a etapa de laminação, devido a alta quantidade de fibra e baixo teor de gordura. À medida que se aumentou a quantidade de bagaço nas formulações foi preciso acrescentar um maior volume de água na massa, o que, segundo Perez e Germani (2007), evidencia a alta higroscopicidade da fibra. Segundo Wang, Cabral e Fernandes (1997) a adição de fibra de soja à farinha de trigo modificou sua absorção de água, sendo crescente com o aumento da proporção de fibra. A fibra de soja, segundo os autores, diminuiu a estabilidade da massa, principalmente por interferir na estrutura do glúten e diminuir sua viscosidade, pelo menor teor de amido presente. Silva (2001)

encontrou as mesmas dificuldades tecnológicas em biscoitos tipo *cookies*, elaborados com farinha mista de trigo e 25% de fibra de jatobá.

5.4.1.1 Razão de expansão

A razão de expansão variou de 1,60 a 2,95 nos ensaios 2 e 5, respectivamente. A adição do bagaço diminuiu a espessura do biscoito e não alterou significativamente o seu diâmetro ao nível de 5% (teste de Tukey). A existência efeitos de segunda ordem, com limite de confiança de 95%, implica uma elevada interrelação entre as variáveis e consequentemente efeitos significativos de terceira ordem.

A formulação que obteve maior expansão (2,95) foi a com menor quantidade de bagaço e gordura e com maior adição de açúcar. A gordura foi positiva apenas nos ensaios em que a quantidade de fibras estava no nível superior, tornando-se negativa no inferior. A gordura, provavelmente, impermeabilizou a fibra diminuindo sua competição pela água disponível.

O aumento do açúcar foi positivo para a expansão, o que concorda com Vitti (1988) e Moretto (1999), que ressaltaram que o açúcar contribui para o aumento do volume de biscoitos. Foi possível verificar que o bagaço teve uma influencia negativa para a expansão, o mesmo foi evidenciado por Perez e Germani (2007) em biscoitos de berinjela. Os autores ressaltam que os biscoitos com maior concentração de fibras apresentaram maior diâmetro e menor espessura (antes e após o assamento) e menor índice de expansão. Segundo Larrea; Chang e Martinez-Bustos (2005) a o conteúdo de pectina da fibra, depois de absorver água, compete pela água livre na massa do

biscoito, afetando sua expansão. Wang, Cabral e Fernandes (1997) verificaram que a expansão foi afetada negativamente pelo aumento do teor de fibras de soja.

Porém, Silva et al. (2001) em biscoitos enriquecidos de fibras de jatobá, observaram uma tendência de aumento na expansão com o maior concentração de fibra de jatobá. Os autores ressaltaram que, a utilização de um adoçante contendo maltodextrina nas formulações, contribuiu para o aumento da expansão dos biscoitos.

5.4.1.2 Dureza

A dureza dos biscoitos enriquecidos de fibra (Tabela 20) variou de 7,41N a 20,37N. O efeito da gordura foi significativo, sendo que seu aumento resultou na diminuição da dureza do biscoito. Fato citado por Burchard (1999), ressaltando que as gorduras contribuem para as propriedades de mastigação, conferindo maciez aos produtos panificados. Segundo Moretto (1999) a gordura cobre a farinha, e impede o contato do glúten com a água, dificultando a sua formação do glúten, o que deixa o produto com textura macia.

A maior concentração de bagaço resulta em uma maior dureza, sendo mais pronunciado este fato, na menor porcentagem de açúcar. Segundo o trabalho de Larrea; Chang e Martinez-Bustus (2005), os biscoitos que continham polpa de laranja extrusada foram significativamente mais duros do que o controle, sem a polpa, sendo diretamente proporcional à quantidade de polpa. Waszcznskyj (2001) verificaram, através de análises sensoriais, que biscoitos enriquecidos com farelo de milho eram mais duros e menos crocantes que o controle, o mesmo foi verificado por Baquero, Buitrago e Bermúdez (1997), com fibras de cascas de maracujá.

O aumento do açúcar elevou os valores de dureza, no limite inferior do bagaço. Segundo Moretto (1999) o açúcar, durante o aquecimento, se dissolve na água da massa e forma uma solução altamente concentrada, que quando resfriada, se solidifica tornando em um material duro e vítreo, conferindo ao produto uma textura crocante. O autor ainda ressalta que açúcares de granulometria fina, como o utilizado nestes testes, resultam em um produto de textura mais dura.

No limite superior do bagaço a dureza diminuiu com o aumento do açúcar. Isto se deve provavelmente a grande capacidade da fibra absorver água da massa, diminuindo assim a formação da solução concentrada de açúcar, que quando resfriada, aumenta a dureza. A Figura 14 demonstra a relação inversa entre a expansão e a dureza.

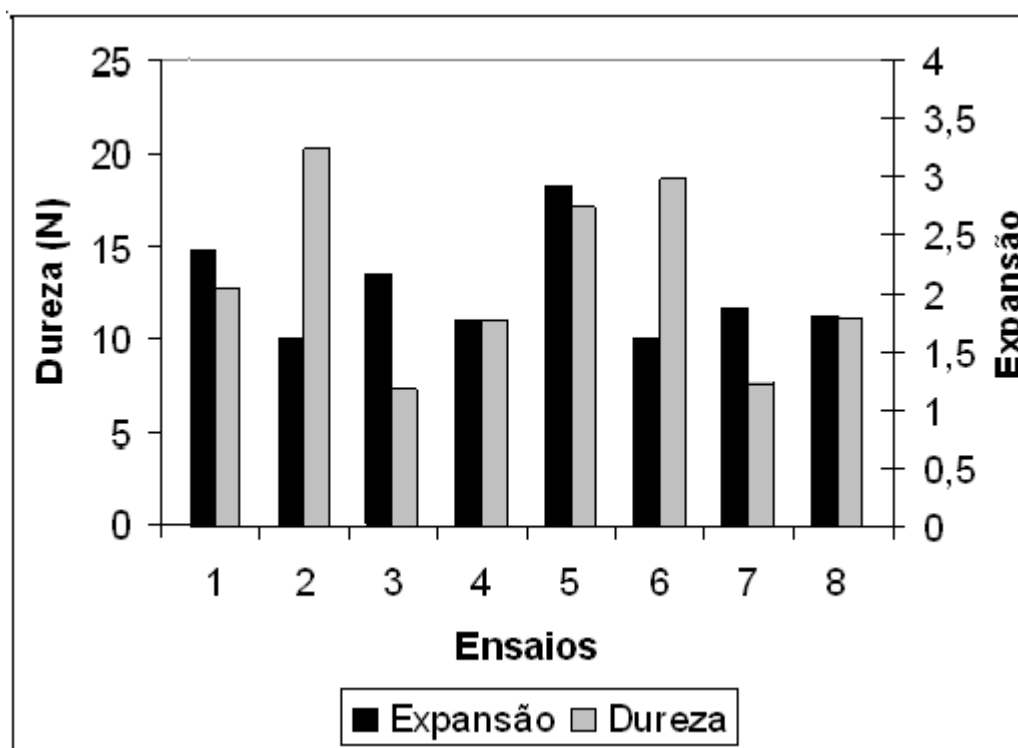


FIGURA 14- Relação entre razão de expansão e a dureza em função de cada ensaio, em biscoitos

Os produtos com maiores expansões apresentaram uma estrutura porosa e, portanto, menos compacta e menos dura. Desta forma a dureza foi inversamente proporcional a expansão, como pode ser verificado na Figura 14.

5.4.1.3 Volume específico

O volume específico dos biscoitos variou de 0,91 a 2,49 mL.g⁻¹ nos ensaios 2 e 1, respectivamente (Tabela 20). Silva (2001) obteve valores próximos que variaram de 1,26 a 1,76 mL.g⁻¹ em biscoitos enriquecidos de fibra de jatobá. Inferior ao relatado por Galdeano e Grossmann (2006) que obtiveram em biscoitos enriquecidos de fibra de casca de aveia (20%), um volume específico de 2,22 mL.g⁻¹. Ocorreu interação de segundo grau entre as variáveis, bagaço e gordura e entre bagaço e açúcar.

Quando se aumentou o teor de fibras, diminuiu o volume específico. Resultados semelhantes foram verificados por Larrea, Chang e Martinez-Bustus (2005) onde os biscoitos controle apresentaram maior volume específico, que os com os 15 e 25 % de polpa de laranja extrusada. Com 25 %, obtiveram volume específico de 1,23 mL.g⁻¹, neste trabalho com 26 % de fibra do bagaço de maçã este índice variou de 0,91 a 1,81 mL.g⁻¹. O aumento da gordura diminuiu o volume específico, somente, com a menor porcentagem de bagaço. Na maior porcentagem a gordura, provavelmente impermeabilizou a fibra, e diminuiu a competição pela água livre, possibilitando uma maior expansão e volume específico.

Na interação entre bagaço e açúcar foi observado que o aumento da primeira diminuiu o volume específico, sendo mais pronunciado para o menor teor de açúcar.

Quando se adicionou mais açúcar o volume específico diminuiu, porém apenas na menor porcentagem de bagaço.

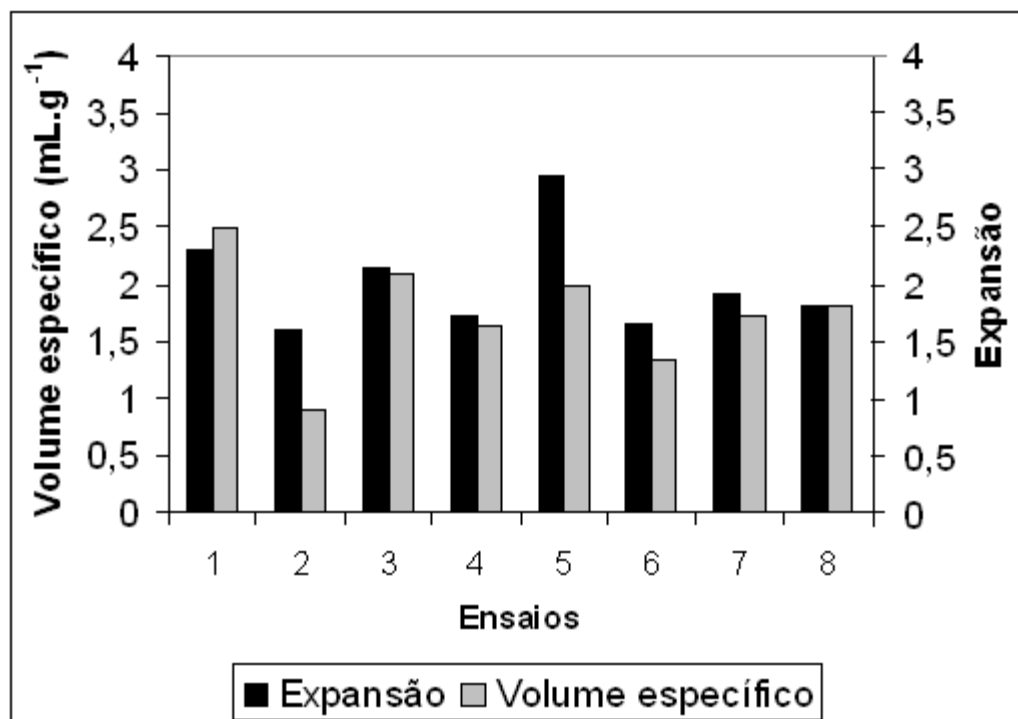


FIGURA 15- Relação entre razão de expansão e o volume específico em função de cada ensaio, em biscoitos

A Figura 15 demonstra a relação diretamente proporcional entre o volume específico e a expansão. Assim como para os produtos extrusados os biscoitos com maior expansão apresentam maiores valores de volume específico, justamente pela estrutura porosa do produto expandido, o que acarreta em um maior volume.

5.4.2 Propriedade físico-química dos biscoitos

5.4.2.1 Índice de solubilidade em água

O índice de solubilidade em água, nos biscoitos variou de 19,28 a 29,00 nos ensaios 1 e 6, respectivamente (Tabela 21).

TABELA 21 – Médias das características físicas dos biscoitos enriquecidos com fibra de maçã.

Ensaio	x ₁	B (%)*	x ₂	G (%)*	x ₃	A (%)*	ISA** (%)	IAA*** (g água/g)	Absorção de leite em 10 min (%)
1	-1	10	-1	17	-1	27	19,28 ± 0,410	4,26 ± 0,127	55,95 ± 19,558
2	+1	26	-1	17	-1	27	19,62 ± 0,155	4,91 ± 0,155	43,47 ± 7,354
3	-1	10	+1	33	-1	27	19,92 ± 0,170	4,39 ± 0,127	114,78 ± 8,160
4	+1	26	+1	33	-1	27	19,79 ± 0,127	4,37 ± 0,212	24,74 ± 4,030
5	-1	10	-1	17	+1	43	29,00 ± 0,240	3,97 ± 0,184	165,00 ± 21,736
6	+1	26	-1	17	+1	43	28,60 ± 0,283	4,32 ± 0,212	107,92 ± 12,728
7	-1	10	+1	33	+1	43	26,49 ± 0,269	4,49 ± 0,269	24,72 ± 5,034
8	+1	26	+1	33	+1	43	23,56 ± 0,466	4,29 ± 0,240	35,92 ± 8,188
9	0	18	0	25	0	35	19,76 ± 0,284	4,49 ± 0,218	82,68 ± 4,512
10	0	18	0	25	0	35	19,40 ± 0,195	4,40 ± 0,157	79,15 ± 5,136
11	0	18	0	25	0	35	20,38 ± 0,247	4,56 ± 0,226	75,214 ± 5,981

* Variáveis independentes B – bagaço; G – gordura e A - açúcar

** Índice de solubilidade em água

*** Índice de absorção de água

Ocorreu interação de terceiro grau, onde todas as variáveis foram significativas. O bagaço de maçã, diferente do processo de extrusão, foi negativo para o índice de solubilidade, provavelmente pelo processo de cozimento não ter proporcionado a solubilização da fibra como no processo de extrusão, além do fato, de

que a formulação do biscoito apresentava uma quantidade de lipídeos superiores que o presente nos extrusados, o que pode ter impermeabilizado os componentes das fibras, diminuindo sua solubilidade. A gordura foi negativa e o açúcar foi positivo para este índice, devido a sua grande solubilidade em água.

A maior solubilidade em água obtida pelos biscoitos foi no ensaio 5, onde o bagaço (10 %) e a gordura (17 %) estavam em seu menor nível e o açúcar em seu maior (43%). A menor solubilidade foi obtida no primeiro ensaio, onde todas as variáveis independentes estavam em seus menores níveis. A Figura 16 representa a relação entre a expansão e o índice de solubilidade em água dos biscoitos.

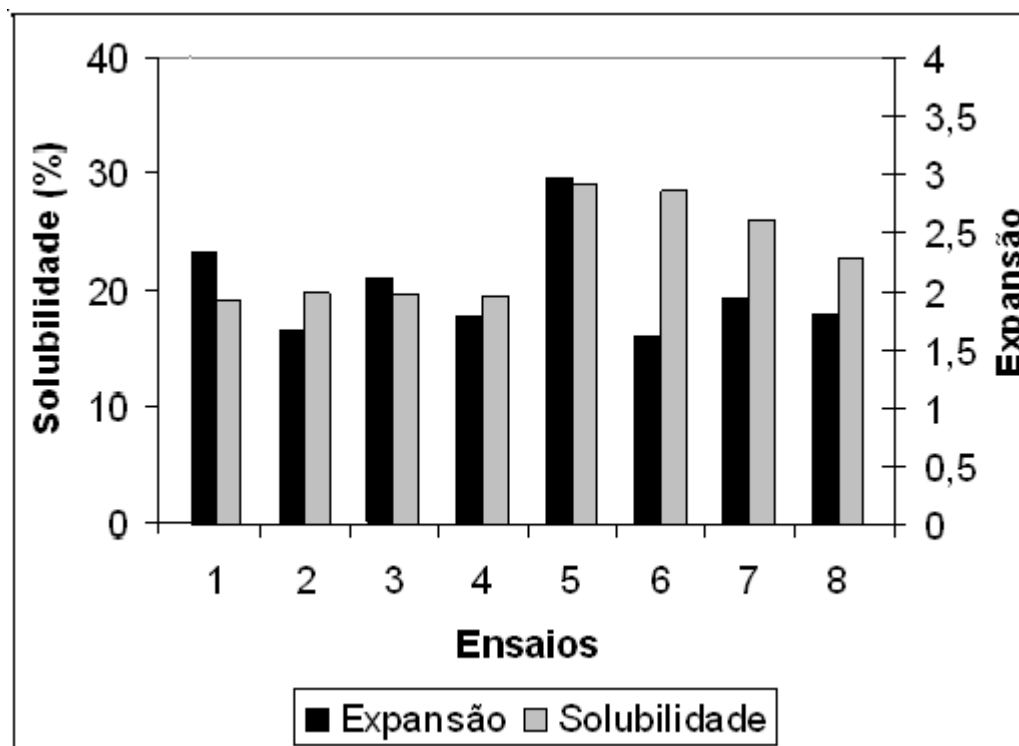


FIGURA 16- Relação entre razão de expansão e a solubilidade em função de cada ensaio, em biscoitos

Na Figura 16 pode ser observado que a maior solubilidade, encontrada no ensaio 5, coincidiu com a maior expansão. Entretanto, os demais pontos do gráfico indicam que estas duas variáveis nos testes com biscoitos não foram dependentes.

5.4.2.2 Índice de absorção de água

Os resultados do índice de absorção de água nos biscoitos variaram de 4,91 a 3,97 nos ensaios 2 e 5, respectivamente. O aumento do bagaço foi positivo para o índice, no menor nível de gordura, pois no maior nível, provavelmente a gordura impermeabilizou a fibra diminuindo a sua absorção de água. Segundo Wang, Cabral e Fernandes (1997) a adição de fibra de soja à farinha de trigo, modificou sua absorção, sendo crescente com o aumento da proporção de fibra. Resultado semelhante foi observado por Perez e Germani (2004) onde ocorreu um aumento do índice com o incremento da proporção de fibra de berinjela na formulação dos biscoitos. Segundo os autores as fibras apresentam grande capacidade de absorver água.

A Figura 17 representa a relação inversamente proporcional entre o índice de absorção de água e a razão de expansão. Onde a adição de bagaço foi prejudicial à expansão e positiva para a absorção de água, devido à alta higroscopicidade da fibra (PEREZ; GERMANI, 2007).

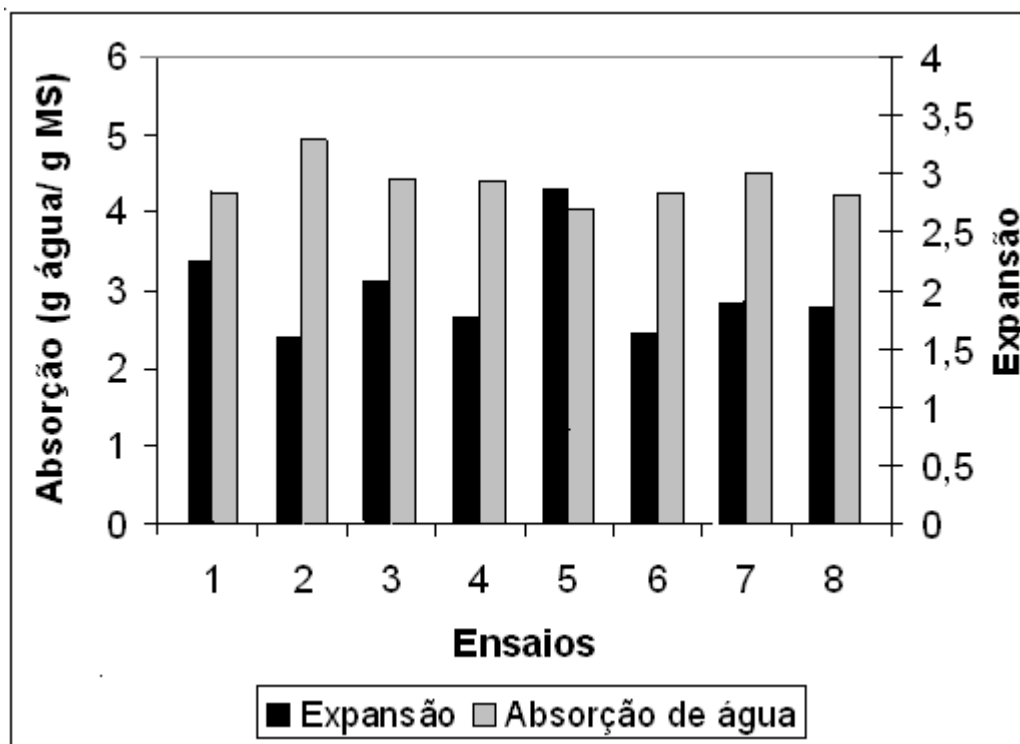


FIGURA 17- Relação entre razão de expansão e a absorção de água em função de cada ensaio, em biscoitos.

5.4.2.3 Absorção de leite

Com a finalidade de verificar se os biscoitos poderiam ser consumidos com leite, foi realizado o teste de imersão em 125 mL de leite por um período de 10 minutos. O consumo de biscoitos enriquecidos com fibra, acompanhados de leite, incentivaria a ingestão de líquidos, fato importante quando relacionado à capacidade de absorção deste componente. Nos 11 ensaios apresentados na Tabela 21, foi possível verificar que as amostras (3; 5 e 6) dobraram de peso após os 10 minutos de imersão, e desta forma, tiveram sua textura afetada, perdendo a crocância e podendo até desmanchar

no leite se este fosse agitado. Os biscoitos dos ensaios 2, 4, e 7 e os do ponto central, permaneceram duros e crocantes; o que possibilitaria a sua utilização com o leite.

Foi possível verificar que com o aumento do bagaço e da gordura ocorreu uma diminuição da absorção de leite, diferente do açúcar. Este fato está relacionado com a estrutura da bolacha, que se apresentou mais compactada com a adição de bagaço. Na Figura 18 pode ser verificada que a absorção de leite e a expansão foram diretamente proporcionais.

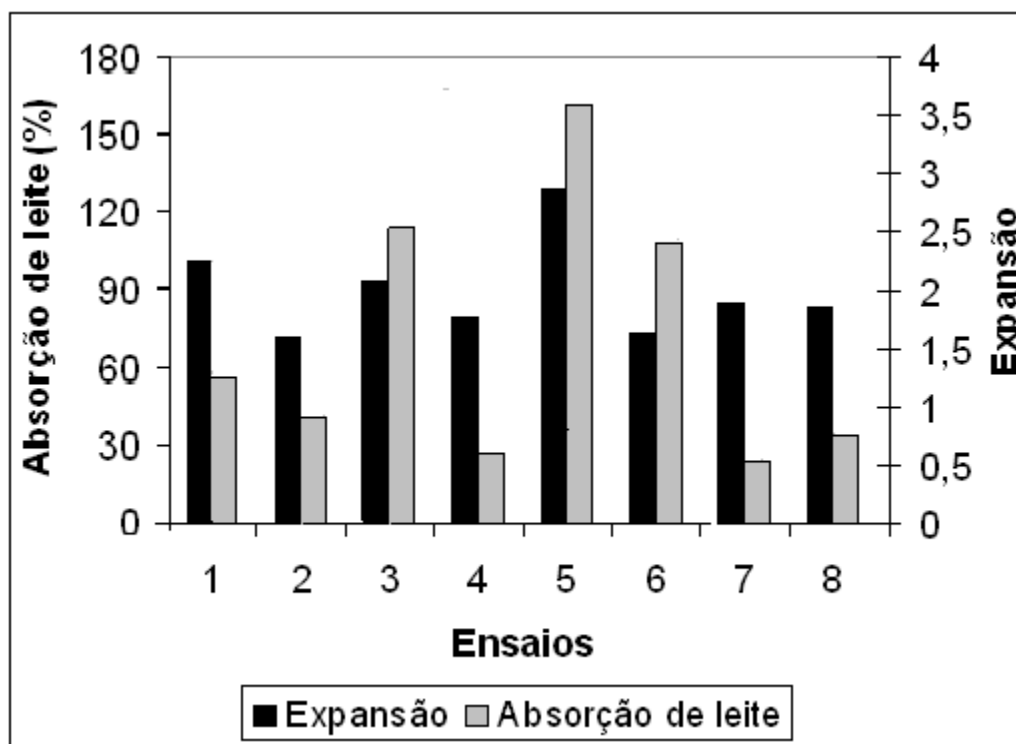


FIGURA 18- Relação entre razão de expansão e a absorção de leite em função de cada ensaio, em biscoitos

5.4.3 Características físico-químicas dos biscoitos

TABELA 22 – Caracterização físico-química dos biscoitos de fibra de maçã (%).

Amostras	Umidade	Cinzas	Lipídeo	Proteína	Fibra Alimentar	Carboidrato
Biscoito 10%*	4,42 ± 0,32	1,60 ± 0,010	9,59 ± 0,13	4,67 ± 0,01	10,45 ± 3,31	69,263
Biscoito 26%**	3,98 ± 0,20	1,46 ± 0,007	12,04 ± 0,12	4,15 ± 0,22	15,64 ± 0,28	62,725

* referente ao ensaio 1, com 10% de bagaço de maçã adicionada

** referente ao ensaio 8, com 26% de bagaço de maçã adicionada

Na Tabela 22 foi possível verificar que ao aumentar o percentual de bagaço de 10 para 26 %, ocorreu um incremento na quantidade de fibras de 50 %, sendo que os biscoitos podem ser considerados, segundo a Resolução Normativa nº 27 da Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária, como alimentos com elevado conteúdo de fibra alimentar.

Silva et al. (2001) encontraram níveis de 6,7 % de fibra alimentar total (base seca) em biscoitos elaborados com 10 % de fibra de jatobá. Perez e Germani (2007) elaboraram biscoitos tipo salgado de berinjela com teores de fibras entre 6 e 9 % em base seca. Silva et al. (1999) obtiveram níveis de fibra alimentar total de 7,50 g/100g em biscoitos contendo 10 % de farinha de jatobá do cerrado.

6 CONCLUSÃO

O bagaço de maçã desidratado em laboratório, por ser isento de sementes, diferiu do bagaço industrial pelo menor teor de lipídeos, o que é interessante para se obter um maior tempo de conservação do produto.

O processo contínuo de secagem mostrou-se adequado para a obtenção do bagaço de maçã desidratado.

Os fatores limitantes para o prazo de validade do bagaço de maçã desidratado foram o escurecimento e a oxidação dos lipídeos. Para as condições de estudo a 20°C, o aparecimento do odor de ranço e de coloração escura permitiu assegurar um período de vida de prateleira de 11,5 meses.

Nos produtos extrusados a propriedade física de expansão foi afetada pela adição de fibras. Porém, a qualidade dos produtos extrusados expandidos foi comparável aos similares sem adição do ingrediente.

Nos biscoitos, embora a adição de fibras influenciou negativamente a expansão, a interação com os ingredientes gordura, no seu limite inferior, e açúcar, no seu limite superior, permitiu aumentar a dureza e reduzir a porcentagem de absorção de leite. Essas características são de interesse quando se desenvolve um biscoito que deve manter suas características de textura, ao ser consumido imerso em leite.

7 REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Métodos de Análise Sensorial dos Alimentos e Bebidas**, NBR 12.994, 2 p., 1993.

ABPM (Associação Brasileira de Produtores de Maçã) Maçã. **Revista Plantas e Ervas**, 23/01/03 Disponível em: <<http://www.abpm.org.br>>. Acesso em: 06.ago.2007

ABPM (Associação Brasileira de Produtores de Maçã) Colheita da maçã. **Revista Globo Rural**, 09/05/08 Disponível em: <<http://www.abpm.org.br>>. Acesso em: 06.ago.2008

ANDERSON, R. A.; CONWAY, H. F.; PFEIFER, V. F.; GRIFFIN JR. E. L. Gelatinization of corn grits by roll-and extrusion-cooking. **Cereal Science Today**, Minneapolis, v. 14, n. 1, p. 04-12, 1969.

ALVES, R. M. L.; GROSSMANN, M. V. E. Parâmetros de extrusão para produção de "snacks" de farinha de cará (*Dioscorea alata*). **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.22, n.1, p.32-38, Jan. 2002.

ALVIM, I.D.; SGARBIERI, V.C.; CHANG, Y.K. Desenvolvimento de farinhas mistas extrusadas à base de farinha de milho, derivados de levedura e caseína. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas v.22, n.2, maio/ago. 2002.

AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 16 ed., v.1, Arlington:AOAC, 1995.

AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 16 ed., v.2, Washington:AOAC, 1997, 850p.

ARAÚJO, J.M.A. **Química de Alimentos: teoria e prática**. Viçosa: Editora UFV. 2004. 400p.

ARAÚJO, R.S.M.; ARAÚJO, M.A.M.; ARÊAS, J.A.G. Fortified food made by the extrusion of a mixture of chickpea, corn and bovine lung controls iron deficiency anaemia in preschool children. **Food Chemistry**, July 2007.

ARÊAS, J.A.G. Interações moleculares do amido durante o processo de extrusão. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.30, n.1, p. 28-30, 1996

ASCHERI, J.L.R.; MATHIAS, S.V.L.; NASCIMENTO, R.E.; SPEHAR, C.R. Harina intentánea mixta de quinoa integral y harina de arroz: efectos de las condiciones de extrusión en la composición centesimal, aminoácidos e minerales. **Alimentaria**, v.3, p. 81-87, 2001.

ASCHERI, D.P.R.; ASCHERI, J.L.R.; CARVALHO, C.W.P. Caracterização da farinha de bagaço de jabuticaba e propriedades funcionais dos extrusados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas v.26, n.4, p.897-905, out./dez. 2006.

ASCHERI, D.P.R.; ASCHERI, J.L.R.; CARVALHO, C.W.P. Caracterização da farinha de bagaço de jabuticaba e propriedades funcionais dos extrusados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas v.26, n.4, out./dez. 2006.

AWAD, M. **Fisiologia pós colheita de frutos**. São Paulo, Nobel, 1993, 114p.

BAQUERO, C; BUITRAGO, A. R.; BERMUDEZ, A.S. Elaboración de galletas con fibra dietaria. In **X Congreso Latino americano de Nutrición**, Guatemala, 1997.

BARBOZA, L. M. V.; FREITAS, R. J. S. de; WASZCZYNSKYJ, N. Desenvolvimento de produtos e análise sensorial. **Revista Brasil Alimentos**, São Paulo, ano IV, n. 18, p. 34-35, jan/fev. 2003.

BARROS FILHO, A. A. **Alimentos funcionais**, In: Temas de nutrição em pediatria. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Pediatria, v. 3, p. 47 – 49, 2004.

BAXTER, M. **Projeto de produto : guia prático para o desenvolvimento de novos produtos**. São Paulo : Edgard Blücher, 1998. 261p

BERMÚDEZ, A.S. Elaboración de productos alimenticios con fibra. In: LAJOLO, F. M. et al. **Fibra dietética en Iberoamérica: tecnología y salud: obtención, caracterización, efecto fisiológico en alimentos**. Varela, São Paulo, 2001, cap. 21, p.267 – 276.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. São Paulo: Varela, 1992. 143 p.

BOMBO, A.J. **Obtenção e caracterização nutricional de snacks de milho e linhaça**. 2006, 96f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública), Universidade de São Paulo, São Paulo

BORBA, A.M.; SARMENTO, S.B.S.; LEONEL, M. Efeito dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades funcionais de extrusados da farinha de batata-doce. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas v.25, n.4, out./dez. 2005

BRASIL. Resolução nº 12 de 1978. **Normas técnicas relativas a alimentos (e bebidas), para efeito em todo território brasileiro**. PUBLIC. D.O.U 24-07-1978 da ANVISA. Disponível em <<http://www.anvisa.gov.br/legislacao>>, acesso em 21-08-2007.

BRASIL. Portaria n. 27, de 13 de janeiro de 1998. **Regulamento técnico referente à informação nutricional complementar**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, jan. 1998. ANVISA Disponível em: <<http://e-legis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?id=97>>. Acesso em 02-09-2007.

BRASIL. Portaria nº 29, de 13 de janeiro de 1998. **Aprova o Regulamento Técnico referente a Alimentos para Fins Especiais**. PUBLIC. D.O.U 30-03-1998 da ANVISA. Disponível em <<http://www.anvisa.gov.br/legislacao>>, acesso em 21-08-2008.

BRASIL. Resolução ANVS/MS n.º 18, de 30 de abril de 1999. **Regulamento Técnico que Estabelece as Diretrizes Básicas para Análise e Comprovação de Propriedades Funcionais e ou de Saúde Alegadas em Rotulagem de Alimentos**. Republicada no Diário Oficial da União, Brasília, 03 de dezembro de 1999.

BRASIL. Resolução RDC nº 175, de 08 de julho de 2003. **Aprova como coadjuvantes da tecnologia de fabricação as substâncias constantes dos anexos I, II, III e IV, destinadas ao fabrico de produtos forneados, tais como: pão, broa, biscoito, bolachas, bolo, torta e demais produtos afins de confeitaria**. PUBLIC.D.O.U. - Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 27 de dezembro de 1977. Disponível em:<<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=17312&word=bolacha>> Acesso em 02-09-2007

BUCHANAN, R.D. **Fibras**. In: Segredos em nutrição: resposta necessária ao dia-dia, VAN, C.W., Porto Alegre: Artmed, 2000, 45-48p.

BUCKERIDGE, M. S.; TINÉ, M. A. S. Composição polissacarídica: estrutura da parede celular e fibra alimentar. In: LAJOLO, F. M. et al. **Fibra dietética en Iberoamérica: tecnologia y salud: obtención, caracterización, efecto fisiológico en alimentos**. São Paulo: Varela, 2001. cap. 3, p. 43 -60.

BURCHARD, T. J. **Gorduras aplicadas em panificação**. In: Aplicação de gorduras em chocolates, sorvetes, confeitos e panificação. Ital:Campinas, 118 – 127p, 1999.

CALLEGARO, M. G. K.; DUTRA, C. B.; HUBER, L. S.; BECKER, L.V.; ROSA, C. S.; KUBOTA, E. H.; HECKTHEUR, L. H. Determinação da fibra alimentar insolúvel, solúvel e total de produtos derivados do milho. **Ciência Tecnologia de Alimentos** v.25 n.2 Campinas abr./jun. 2005

CAMARGO K. F.; LEONEL, M.; MISCHAN, M. M. Produção de biscoitos extrusados de polvilho azedo com fibras: efeito de parâmetros operacionais sobre as propriedades físicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n.3, p. 586-591, jul.-set. 2008

CÂNDIDO, L. M. B.; CAMPOS, A. M. **Alimentos para fins especiais: Dietéticos**. São Paulo: Varela, 1996. 423p

CAPRILES, V. D.; ARÊAS, J. A. G. Desenvolvimento de salgadinhos com teores reduzidos de gordura saturada e de ácidos graxos *trans*. **Ciência Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 25, n. 2, p. 363-369, abr.-jun. 2005

CHANG, Y.K.; HASHIMOTO, J.M.; ALCIOLI-MOURA, R.; MARTÍNEZ-FLORES, H.E.; MARTÍNEZ-BUSTOS, F. Influence of extrusion conditions on cassava starch and soybean protein concentrate blend. **Acta Alimentaria**, v.30, n.2, p.189-203, 2001.

COELHO, K.D. **Desenvolvimento e avaliação da aceitação de cereais matinais e barra de cereais a base de amaranto**. 2006, 99f. Dissertação (Mestrado em Nutrição Humana Aplicada). Faculdade de Ciências Farmaceuticas. Universidade de São Paulo, São Paulo.

COPPINI, L. Z.; WAITZBERG, D. L.; CAMPOS, F. G.; HABR-GAMA, A. **Fibras alimentares e ácidos graxos de cadeia curta**. In: Nutrição oral, enteral e perenteral na prática clínica. Cap 5, 3 ed, p-79-91, 2002

CTENAS, M.L.; CTENAS, A.C.; QUAST, D. **Frutas das terras Brasileiras**, C2 Editora, São Paulo, 2000, 157p

DUTCOSKY, S. D. **Análise Sensorial de Alimentos**. Curitiba, Pr: Champagnat, 1996. 20ed. 123p.

ENDO, E.; BORGES, S. V.; DAIUTO, E. R.; CEREDA, M. P.; AMORIM, M. Avaliação da vida-de-prateleira do suco de maracujá desidratado **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas v. 27; 382-386, abr- jun, 2007

EL-DASH, A. A.; GERMANI, R. **Tecnologia de farinhas mistas: uso de farinhas mistas na produção de biscoitos**. 1 ed. Brasília: Embrapa, 1994, 47p.

FARIA, E.V.; YOTSUYANAGI, K. **Técnicas de análise sensorial**. Ital/Lafise, Campinas, 2002, 116p

FAUBION, J. M.; HOSENEY, R. C. High temperature and short time.Extrusion cooking of wheat starch and flour. Effect of moisture and flour type on extrudate properties. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 59, n. 6, p. 529-533, 1982.

FERNANDES, M. S.; WANG, S.; ASCHERI, J. L.; OLIVEIRA, F. M.; COSTA, S.A.J. Produtos extrusados expandidos de misturas de canjiquinha e soja para uso como petiscos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.37, n.10, p. 1495-1501, out. 2002.

FERREIRA, V. L. P.; ALMEIDA, T. C. A. de; PETTINELLI, M. L. C. de V.; SILVA, M. A. A. P. da; CHAVES, J. B. P. ; BARBOSA, E. M. M. **Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos**. Manual: série qualidade, Campinas, SBCTA, 2000. 127p.

FERTONANI,H.C.R; SCABIO, A; SCHEMIN, H.C.; CARNEIRO, E.B.B.; NOGUEIRA, A.; WOSIACKI,G. Influência da concentração de ácidos no processo de extração e na qualidade de pectina de bagaço de maçã. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 4, p. 617-630, out./dez. 2006

FIGUEROLA, F.; HURTADO, M.L.; ESTEVEZ, A.M.; CHIELLE, I.; ASENJO, F. Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. **Food Chemistry**, v.91, n. 3, p. 395–401, 2005.

FRANCO, B.D.G; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. Rio de Janeiro: Atheneu, 2004.

GALDEANO, M. C.; GROSSMANN, M. V. E. Oat hulls treated with alkaline hydrogen peroxide associated with extrusion as fiber source in cookies. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. vol.26 no.1 Campinas Jan./Mar. 2006

GAVA, A. **Princípios de Tecnologia de Alimentos**. 9. ed. São Paulo: 1999.

GÓES, L. **Aplicação de gorduras em produtos panificados e biscoitos**. In: Condições adequadas para produção de pães e biscoitos. ITAL. Campinas, p 101-108.1996

GOMES, R.; PELAEZ, C.; MACKENZIE, J.; BERMUDEZ. La torta de maiz como fuente de fibra dietaria em la elaboración de alimentos. In **IV Congreso Colombiano de Ciencia y Tecnologia de Alimentos**, Bogotá, 1996.

GREGORIO, S.R.; AREAS, M.A.; REYES, F.G.R. Fibras alimentares e doenças cardiovascular. **Nutrire**: Sociedade Brasileira de alimentação e Nutrição, São Paulo, SP. v.22, p. 109-120, dez., 2001.

GUILHERME, F.P.; JOKL, L. Emprego de fubá de melhor qualidade protéica em farinhas mistas para produção de biscoito. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. V.25 n.1 Campinas jan./mar. 2005

GUIMARÃES E.V.; GOULART E.M.A.; PENNA F.J. Dietary fiber intake, stool frequency and colonic transit time in chronic functional constipation in children. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v.34, n.9, p.1147-1153, Sept. 2001

HASHIMOTO, J. M.; GROSSMANN, M. V. E. Effects of extrusion conditions on quality of cassava bran/cassava starch extrudates. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 38, n. 5, p. 511-517, Jun. 2003.

HUBER, G. Snack foods from cooking extruders. In: LUSAS, E. W.; ROONEY, L.W. **Snack food processing**, United States of America: CRC-press, 2002. CAP. 3, p. 315-368.

IAL – Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2005. 1018p.

JARDIM, D. C. P. **Reações de transformações em alimentos: influencia da água**, In: Reações de Vida-de-prateleira de Alimentos Processados. ITAL, 3ª ed., Campinas, 17 – 24p, 2004.

KARAM, L.B.; GROSSMANN, M.V.E.; SILVA, R.S.S.F. Misturas de farinha de aveia e amido de milho com alto teor de amilopectina para produção de "snacks". **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.21, n.2, p. 158-163, maio/ago. 2001

KENNEDY, M; FOO, L.Y.; NEWMAN, R.H.; SIMS, I.M.; BAIN, P.J.S.; HAMILTON, B.; FENTON, G. Apple pomace and products derived from apple pomace: uses, composition and analysis. **Modern methods of plant analyses**, v.20, p.75-119, 1999.

LADEROZA, M; DRAETTA, M. **Industrialização de frutas: enzimas e pigmentos, influência e alterações durante o processamento** ITAL (Instituto de Tecnologia de Alimentos) Campinas 1988 312p capítulo II

LARREA, M.A.; CHANG, W.K.; MARTINEZ-BUSTOS, F. Some functional properties of extruded orange pulp and its effect on the quality of cookies. **Food Science and Technology**. UK, v.38, p.213–220, 2005.

LEONEL, M.; MISCHAN, M. M.; PINHO, S. Z.; IATAURO, R. A.; DUARTE FILHO, J. Efeitos de parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de produtos expandidos de inhame. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.26, n.2, p. 459-464, abr.-jun. 2006.

LEORO, M.G.V. **Desenvolvimento de cereal matinal extrusado orgânico à base de farinha de milho e farelo de maracujá**. 2006, 123f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade de Campinas, Campinas.

LIMA, J. R.; **Vida-de-prateleira de amêndoas de castanhas de caju, em embalagens comerciais**. Embrapa, 1º ed, Fortaleza, dez., 2002

LUSAS, E.W. **The snack foods setting**. In: Snack food processing, United States of America: CRC-press, 2002, 3-27p.

LUSTOSA, B. H. B.; LEONEL, M.; MISCHAN, M. M. Efeito de parâmetros operacionais na produção de biscoitos extrusados de farinha de mandioca. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 11, n. 1, p. 12-19, jan./mar. 2008

MARINQUE, G. D.; LAJOLO, F.M. **Maduración, almacenamiento y procesamiento de frutas y vegetales: modificaciones em los componentes de La fibra soluble.** In: Fibra dietética en Iberoamérica: tecnología y salud: obtención, caracterización, efecto fisiológico en alimentos. Varela, São Paulo, 2001. 472p

MATIAS, M.F.O.; OLIVEIRA, E.I.; GERTRUDES, E. et al. Use of fibres obtained from the cashew (*Anacardium occidentale, L*) and guava (*Psidium guayava*) fruits for enrichment of food products. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.48, June 2005.

MELONI, P. L. S. **Desidratação de frutas e hortaliças.** Fortaleza: Instituto Frutal, 2003. 87p.

MENEGASSI, B.; LEONEL, M.; MISCHAN, M.M.; PINHO, S. Z. Extrusão de Farinha de Mandioquinha-Salsa: Efeito da Temperatura, Rotação e Umidade nas Características Físicas dos Extrusados. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 10, n. 4, p. 252-258, out./dez. 2007.

MO-MIGUEL, N.G.; N-BELLOSO, O.M. Comparison of dietary fibre from by-products of processing fruits and greens and from cereals. **Lebensm.-Wiss. u.-Technology**, Spain, v.32, p.503-508, 1999.

MORAES, M. A. C. **Métodos para Avaliação Sensorial de Alimentos.** Campinas, Fundação Tropical de Pesquisa e Tecnologia, 1978, 87p.

MORETTO, E.; FET, R. **Processamento e análise de biscoitos.** Varela. 1999. 97p.

MOURA, S. C.; BERBARI, S.A.; GERBER, S. P. M.; ALMEIDA, M. E. M.; FEFIM, D.A. Determinação de vida-de-prateleira de maçã-passa por testes acelerados. **Ciência e Tecnologia de alimentos**, Campinas v. 27; 141-148, jan-mar, 2007

NAWIRSKA, A. KWASNIEWSKA, M. Dietary fibre fractions from fruit and vegetable processing waste. **Food Chemistry**, v.91, p.221–225, 2005

NELSON, N. A photometric adaptation of the somogyi method for determination of glucose. **Journal Biology Chemistry**, v.165, 1944, p.375.

NITZEK, J.A.; STREIT, F.; LUDWIG, V.; MONTANA, M.M. Avaliação da rancificação de farelo de arroz para consumo humano. In. **XVI Congresso da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Rio de Janeiro, julho, 1998.

OBEL, L. **Aplicação de emulsificantes e enzimas na indústria de panificação** In: Condições adequadas para produção de pães e biscoitos. ITAL. Campinas, p 91-99.1996

OLIVEIRA L. R.; SILVA S. F.; SILVA M. J. M.(3); CARVALHO, L. F. M.; GOMES, M. S. Caracterização físico-química do óleo bruto de coco babaçu (*orbignya phalerata* mart.) comercializado na zona Rural de José de Freitas – PI. In. **II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica**, João Pessoa, 2007

ORDÓÑEZ , J. A. et al. **Tecnologia de alimentos**: componentes dos alimentos e processos. Porto Alegre: Artmed, 2005. p. 105-151.

OVIEDO, M. S. V. P. **Efeito do tratamento ácido nas propriedades físico-químicas e funcionais do amido de mandioca**. Campinas-SP. Faculdade de Engenharia de Alimentos-UNICAMP. Tese de Mestrado. 1991. 135p.

PAGANINI, C.; NOGUEIRA, A.; SILVA, N. C. C.; WOSIACKI, G. Aproveitamento de bagaço de maçã para a produção de álcool e obtenção de fibras alimentares. **Ciências Agrárias**., Lavras, v. 29, n. 6, p. 1231-1238, nov./dez., 2005

PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K. **Projeto na engenharia: fundamentos do desenvolvimento de produtos**. 6ªed, São Paulo: Edgard Blucher, 2005, 411p

PEREZ, P.M.P.; 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.; 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**, Campinas, v.27, n.1, Jan./Mar. 2007.

PERNIA, J. Y. S.; INFANTE, R. B.; OCHOA, O. E. G. Efecto del tratamiento térmico sobre la fibra dietética em platôs típicos venezolanos. In: LAJOLO, F. M. et al. **Fibra dietética en Iberoamérica: tecnología y salud: obtención, caracterización, efecto fisiológico en alimentos**. São Paulo: Varela, 2001. cap. 23, p. 297 – 310.

PLAAMI, S.P.; KUMPULAINEN, J.T. Soluble and insoluble dietary fiber and β glucan contents in domestic and imported breakfast cereals consumed in Finland. **Journal of food composition and analysis**, v. 6, p.307-315, 1993.

POURCHET-CAMPOS, M.A. Fibra **dietética**. In: DUTRA-DE-OLIVEIRA JE, MARCHINI JS. **Ciências nutricionais**. São Paulo: SARVIER, 1998. p. 209-215.

PUPP, L. **Farinha de trigo: características tecnológicas e aplicação**. In: Condições adequadas para produção de pães e biscoitos. ITAL. Campinas, p 41-49.1996

QUEIROZ, M. I.; TREPTON, R. O. **Análise sensorial para a avaliação da qualidade dos alimentos**. Rio grande: Ed da Furg, 2006, 268p.

RAUPP, D.S.; CARRIJO, K.C.R.; COSTA, L.L.F.; MENDES, S.D.C.; BANZATTO, D.A. Propriedades funcionais-digestivas e nutricionais de polpa-refinada de maçã. **Ciências Agrárias**, Piracicaba, v.57, n.3, p.395-402, Jul./Set. 2000.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, E. C. **Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis**. Campinas: CETEA/ITAL, 2001. 215 p.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; PADULA, M.; COLTRO, L.; ALVES, R. M. V.; GARCIA, E. E. C. **Embalagens plásticas flexíveis: principais polímeros e avaliação de propriedades**. 1. ed. Campinas: CETEA/ITAL, 2002. 267 p.

SEBIO, L. **Efeito de alguns parâmetros operacionais de extrusão nas propriedades físico químicas da farinha de inhame**. 1996, 106f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade de Campinas, Campinas.

SETOR1. **Processo de extrusão.** Disponível em: <http://www.setor1.com.br/extrusão/index/htm> Acesso em: 15.set.2007.

SILVA, J. A., **Tópicos da Tecnologia de Alimentos**, Editora Varela; SP 2000, (Pág. 168 - 171).

SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P.; CHANG, Y. K. Uso de farinha de jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) em biscoitos tipo "cookie". **Alim. Nutr.**, v. 10, p. 7-22, 1999.

SILVA, M.R.; BORGES, S.; MARTINS K.A. Avaliação Química, Física e Sensorial de Biscoitos Enriquecidos com Farinha de Jatobá-do-cerrado e de Jatobá-da-mata como Fonte de Fibra Alimentar. **Brazilian Journal of Food Technology.**, v.4, p.163-170, oct.2001.

SINGH, R. P., **Introducion a la ingenieria de los alimentos**, Editora Acribia, Espanha, 1998

SOMOGYI, M. Anew reagent for the determination of sugar. **Journal Biology Chemistry**, 1945.

TAKEUCHI, K. P.; SABADINI, E.; CUNHA, R. L. da. Análise das propriedades mecânicas de cereais matinais com diferentes fontes de amido durante o processo de absorção de leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 78-85. 2005.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E. M.; BARBETTA, P. A. **Análise sensorial de alimentos**. Florianópolis, Editora da UFSC, 1987, 180p.

TEIXEIRA NETO, R. O.; MOURA, S. C. S. **Reações de tansformações em alimentos**, In: Reações de Vida-de-prateleira de Alimentos Processados. ITAL, 3ª ed., Campinas, 1 – 16p, 2004.

VALDERRAMA, Patrícia, Fabiane, MARANGONI and CLEMENTE, Edmar **Efeito do tratamento térmico sobre a atividade de peroxidase (pod) e polifenoloxidase (ppo) em maçã (*mallus comunis*)**. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Dez 2001, vol.21, no.3, p.321-325.

VASQUES,A.R; BERTOLI,S.L; VALLE,RD.C.S.C; VALLE,J.A.B. Avaliação sensorial e determinação de vida-de-prateleira de maçãs desidratadas.Ciência e Tecnologia de alimentos ,Campinas,v.26,n.4:p.759-765, 2006

VITALI, A.A.; QUAST, D.G. **Vida de prateleira de alimentos.** In: Reações de Vida-de-prateleira de Alimentos Processados. ITAL, 3ª ed., Campinas, 49-58p, 2004.

VITALI, A.A.; TEIXEIRA NETO, R.O; GERBER, S.P.M. **Testes acelerados de vida de prateleira em alimentos** In: Reações de Vida-de-prateleira de Alimentos Processados. ITAL, 3ª ed., Campinas, 75-82p, 2004.

VITTI, P. **Tecnologia de biscoitos.** Manual Técnico. nº 1. Governo de São Paulo, 1988. 86p.

VOOM. **Equipamento de secagem contínua.** Disponível em: <http://www.voom.com.br>
Acesso em: 20.12.2007.

WANG, S. H.; CABRAL, L. C.; FERNANDES, S. M. Características tecnológicas e sensoriais de biscoito com alto teor de casca de soja e cozidos em microondas. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 7, p. 739-745, jul. 1997.

WANG, L.; CHESSARI, C.; KARPIE, E., 2001. Inferential control of product quality attributes: application to food cooking extrusion process. **Journal of Process Control**, Australia, v.11, p. 621-634, 2001.

WASZCZYNSKYJ, N.; WILLE, G. M.F.; PROTZEK, E. C.; FREITAS, R. J. S.; PENTEADO, P. T. P. Tecnologia para obtenção de fibras alimentares a partir de matérias primas regionais: experiência no Brasil. In: LAJOLO, F. M. et al. **Fibra dietética en Iberoamérica: tecnología y salud: obtención, caracterización, efecto fisiológico en alimentos.** São Paulo: Varela, 2001. cap. 16, p. 237 -244.

WOSIACKI,G.; CHERUBIM,R.A.; SANTOS,D.S. Processamento de sidra no Brasil. **PUBLICATIO-UEPG**, Ponta Grossa, v. 5, n.1, p.27-41, jan./abr. 1999.

WOSIACKI, G.; NOGUEIRA, A. **Suco de maçã.** In: Tecnologia de bebidas: matéria-prima, processamento, BPF, APPCC, legislação e mercado. São Paulo: Edgard Blücher, 1 ed, 2005, 255-292p

ZAGAROZA, M. L. Z.; PÉREZ, R.M.; NAVARRO, Y. T. G. Propiedades funcionales y metodología para su evaluación em fibra dietética. In: LAJOLO, F. M. et al. **Fibra dietética en Iberoamérica: tecnologia y salud: obtención, carcterización, efecto fisiológico en alimentos**. Varela, São Paulo, 2001. cap. 14, p 195 – 210p.

ANEXO 01



PARECER Nº 29/2008
Protocolo: 06339/08

Em reunião ordinária, realizada nesta data, a Comissão de Ética em Pesquisa, APROVOU o protocolo de pesquisa intitulado "Avaliação da vida-de-prateleira da fibra de maça" de responsabilidade da pesquisadora Nelci Catarina Chiquetto.

Ponta Grossa, 04 de agosto de 2008.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
COMISSÃO DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP

Profª. MSc. Marlene Harger Zimmermann
Coordenadora

APÊNDICE 01**QUESTIONÁRIO**

Nome: _____

Escolaridade:

- ☐ 1º grau incompleto
- ☐ 1º grau completo
- ☐ 2º grau incompleto
- ☐ 2º grau completo
- ☐ 3º grau incompleto
- ☐ 3º grau completo

Tem alergia a algum tipo de alimento ou bebida? Qual?

Rejeita algum alimento ou bebida? Quais?

Você é capaz de discriminar cores?

Você é capaz de citar alimentos que tenham odor a ranço?

Especifique os alimentos que você não pode comer ou beber por razões de saúde. Explique, por favor.

Gostaríamos que você registrasse se apresenta algum tipo de problema abaixo relacionado:

Resfriado freqüente	☐ Sim	☐ Não
Dor de cabeça	☐ Sim	☐ Não
Congestão nasal (renite; sinusite).	☐ Sim	☐ Não
Alergia	☐ Sim	☐ Não
Uso de medicamentos	☐ Sim	☐ Não
Diabetes	☐ Sim	☐ Não
Hipertensão	☐ Sim	☐ Não
Fumante	☐ Sim	☐ Não

APÊNDICE 02

TESTE TRIANGULAR PARA COR DE FIBRA DE MAÇÃ

Nome:.....Data:.....

Você está recebendo três amostras codificadas de fibra de maçã. Duas amostras são iguais e uma é diferente, com relação a **cor**. Por favor, observe cada uma das amostras, da esquerda para a direita, e identifique a amostra diferente com um círculo.

1 -	435	269	654
2 -	871	945	107
3 -	589	201	528
4 -	693	015	178
5 -	354	712	429
6 -	124	801	561

Comentários:

TESTE TRIANGULAR PARA ODOR DE FIBRA DE MAÇÃ

Você está recebendo três amostras codificadas de fibra de maçã. Duas amostras são iguais e uma é diferente, com relação ao **odor**. Por favor, avalie cada uma das amostras, da esquerda para a direita, e identifique a amostra diferente com um círculo.

1 -	435	269	654
2 -	871	945	107
3 -	589	201	528
4 -	693	015	178
5 -	354	712	429
6 -	124	801	561

Comentários:

APÊNDICE 03

TESTE DE COMPARAÇÃO MÚLTIPLA PARA COR DE FIBRA DE MAÇÃ

Nome:.....Data:.....

Você receberá uma amostra padrão (P) e três amostras codificadas. Por favor avalie as amostras da esquerda para a direita quanto a cor e assinale o grau de diferença entre cada amostra e o padrão, anotando o código da amostra correspondente à escala, segundo sua percepção.

Número do teste:

				Extremamente mais escura que o padrão
				Muito mais escura que o padrão
				Moderadamente mais escura que o padrão
				Ligeiramente mais escura que o padrão
				Igual ao padrão
				Ligeiramente mais clara que o padrão
				Moderadamente mais clara que o padrão
				Muito mais clara que o padrão
				Extremamente mais clara que o padrão

Comentários:

TESTE DE COMPARAÇÃO MÚLTIPLA PARA ODOR DE FIBRA DE MAÇÃ

Você receberá uma amostra padrão (P) e quatro amostras codificadas. Por favor avalie as amostras da esquerda para a direita quanto ao odor e assinale o grau de diferença entre cada amostra e o padrão, anotando o código da amostra correspondente à escala, segundo sua percepção.

Número do teste:

				Extremamente mais intenso o odor a ranço que o padrão
				Muito mais intenso o odor a ranço que o padrão
				Moderadamente mais intenso o odor a ranço que o padrão
				Ligeiramente mais intenso o odor a ranço que o padrão
				Igual ao padrão
				Ligeiramente menos intenso que o padrão
				Moderadamente menos intenso que o padrão
				Muito menos intenso que o padrão
				Extremamente menos intenso que o padrão

Comentários: