

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS
ALIMENTOS**

**CARACTERIZAÇÃO DE FARINHAS DE CEVADA E O
EFEITO DA SUA INCORPORAÇÃO SOBRE A QUALIDADE
DO PÃO DE FORMA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Cristina Moraes Bortolotti

Santa Maria, RS, Brasil

2009

**CARACTERIZAÇÃO DE FARINHAS DE CEVADA E O EFEITO DA
SUA INCORPORAÇÃO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS
SENSORIAIS E DE QUALIDADE DO PÃO DE FORMA**

por

Cristina Moraes Bortolotti

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, da Universidade
Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para
obtenção do grau de
Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos.

Orientador: Prof. José Laerte Nörnberg

Santa Maria, RS, Brasil

2009

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**CARACTERIZAÇÃO DE FARINHAS DE CEVADA E O EFEITO DA SUA
INCORPORAÇÃO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS E DE
QUALIDADE DO PÃO DE FORMA**

elaborada por
Cristina Moraes Bortolotti

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos

COMISSÃO EXAMINADORA:

José Laerte Nörnberg, Dr.
(Presidente/Orientador)

Luisa Helena Rychecki Hecktheuer, Dr^a (UFSM)

Martha Zavariz de Miranda, Dr^a. (EMBRAPA TRIGO)

Santa Maria, 23 de julho de 2009.

*À Deus, presença constante em meu caminho.
Aos amores da minha vida, minha mãe Mara e irmã Marília.
Ao meu namorado, Thiago, pelo seu carinho, incentivo e dedicação.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Maria, pela possibilidade de execução deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Laerte José Nornberg, pela orientação e compreensão.

À secretária do curso, Lia e a todos os professores que tive contato neste período.

Ao Sr. Alcides Dedeco Machado, pela liberação para a realização deste trabalho e a todos os colegas e amigos do Panificio Mallet, pela colaboração, carinho e companheirismo.

Aos professores Luiz Carlos Gutkoski, da UPF, e Miryam Salas-Mellado, da FURG, pela colaboração nas análises de viscosidade e textura, respectivamente.

Aos colegas de pesquisa Mariana Novack, Gitane Fuke, Alice Zimmermann e Fábio Marques, pela contribuição ao trabalho.

À Melissa Salles, do moinho Ipiranga de Santa Maria, pela ajuda nas análises reológicas.

À Embrapa Trigo, em especial ao pesquisador Dr. Euclides Minella, que forneceu as amostras para realização deste trabalho.

À Deus, por ser tão maravilhoso e me dar forças quando nem eu mesma acreditava que as tinha.

Ao meu pai, minha avó Gladis e toda minha família, expresse minha gratidão pelo amor e carinho demonstrados sempre.

A todos que de uma forma ou outra, contribuíram para realização deste trabalho, meu muito obrigada.

RESUMO

Dissertação de Mestrado

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos

Universidade Federal de Santa Maria

CARACTERIZAÇÃO DE FARINHAS DE CEVADA E O EFEITO DA SUA INCORPORAÇÃO SOBRE A QUALIDADE DO PÃO DE FORMA

AUTORA: CRISTINA MORAES BORTOLOTTI

ORIENTADOR: JOSÉ LAERTE NÖRNBERG

Data e Local: Santa Maria, 23 de Julho de 2009.

Embora pouco utilizada na alimentação humana, estudos têm relatado os efeitos benéficos das beta-glucanas presentes na porção solúvel da fibra alimentar da cevada, tais como implicações sobre o colesterol sérico e redução da glicose sanguínea, além de propriedades anticarcinogênicas. A cevada não é comumente usada em produtos de panificação, entretanto, substituição parcial de trigo com a farinha de cevada pode resultar no desenvolvimento de produtos aceitáveis e funcionais, surgindo como uma alternativa para o enriquecimento de pães. Este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade tecnológica da incorporação da cevada, sob a forma de farinha, sobre os parâmetros de qualidade do pão de forma a fim de disponibilizar uma opção de alimento com possíveis benefícios à saúde do consumidor. As farinhas de cevada (FC) e de cevada integral (FCI), e os pães elaborados com estas farinhas, foram caracterizados quanto à composição química e propriedades físicas. As farinhas foram ainda analisadas quanto à granulometria e as propriedades reológicas, enquanto os pães foram avaliados quanto aos parâmetros de qualidade e análise sensorial. A adição de farinha de cevada no pão de forma não prejudicou a composição de nutrientes e resultou em um aumento favorável nos teores de fibras e da capacidade de absorção de água na massa. Níveis de substituição de até 30% de farinha de cevada e 10% de farinha de cevada integral não afetaram a maciez dos pães. À medida que aumentaram os níveis de substituição de trigo por cevada, observou-se aumento na firmeza e diminuição do volume dos pães. Níveis de substituição de até 30% de FC e FCI produziram pães com qualidade desejável e todos os pães elaborados foram aceitos pelos consumidores, indicando possibilidade de serem produzidos e posteriormente comercializados.

Palavras-chave: farinha de cevada, fibra alimentar, pão de forma, qualidade, sensorial.

ABSTRACT

Master Dissertation

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos

Universidade Federal de Santa Maria

CHARACTERIZATION OF BARLEY FLOURS AND THE EFFECT OF ITS INCORPORATION ON LOAF BREAD QUALITY

AUTHOR: CRISTINA MORAES BORTOLOTTI

ADVISER: JOSÉ LAERTE NÖRNBERG

Date and Place: Santa Maria, July 23rd, 2009.

Although less common in human food, studies have reported the beneficial effects of b-glucans present in the soluble portion of barley dietary fiber, such as implications in serum cholesterol and blood glucose reduction, besides anticarcinogenic properties. Barley is not commonly used in bakery products, however, partial replacement of wheat flour with barley can result in the development of acceptable and functional products, coming as alternative of bread enrichment. This study aimed to evaluate the technological viability of the incorporation of barley, in the form of flour, on the quality parameters of bread to make a choice of food with potential health benefits to the consumer. Barley flour (BF), whole barley flour (WBF), and breads produced with these flours were characterized as for chemical composition and physical properties. Flours were also analyzed for the granulometry and rheological properties, while the loaves were evaluated as for the quality parameters and sensory analysis. The addition of barley flour in bread did not interfere in nutrient composition and resulted in a favorable increase in fiber levels and dough water capacity absorption. Levels of substitution of up to 30% of barley flour and 10% of whole barley flour did not affect bread softness. As far as barley substitution level increased, texture increase and bread volume decrease were observed. Thirty percent substitution level of BF and WBF showed desirable bread quality and all breads produced were accepted by consumers, indicating possibility of being produced and subsequently commercialized.

Keywords: barley flour, dietary fiber, loaf bread, quality, sensory analysis.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Estrutura das (1-3)-beta-glucanas com ramificações β -(1-6).....	19
FIGURA 2- Estrutura das (1- 3)-beta-glucanas com ramificações β -(1-4).....	19
FIGURA 3 - Formação da rede protéica.....	35

ARTIGO 1

FIGURA 1 - Curva de viscosidade típica do RVA.....	58
FIGURA 2 - Representação dos valores de fibra alimentar total e frações solúvel (FS) e insolúvel (FI) das farinhas mistas.....	61
FIGURA 3 - Relação entre o teor de cinzas (%) e a luminosidade L* das farinhas de trigo, cevada e mistas.....	64
FIGURA 4 - Percentual das farinhas de trigo e cevada retidas nas várias peneiras no teste de granulometria.....	65
FIGURA 5 - Percentual das farinhas mistas retidas nas várias peneiras no teste de granulometria.....	66
FIGURA 6 - Absorção das farinhas mistas em função da inclusão de farinha de cevada (FC) e farinha de cevada integral (FCI).....	68
FIGURA 7 - Estabilidade das farinhas mistas em função da adição de farinha de cevada (FC) e farinha de cevada integral (FCI).....	69

ARTIGO 2

FIGURA 1 - Fluxograma do processo empregado na produção de pães de forma por método de massa direta.....	84
FIGURA 2 - Pães brancos elaborados e utilizados na avaliação de qualidade e análise sensorial.....	102
FIGURA 3 - Pães integrais elaborados e utilizados na avaliação de qualidade e análise sensorial.....	103

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Ingredientes empregados na elaboração dos pães experimentais.....	84
--	----

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - Representação dos valores de fibra alimentar total e frações solúvel (FS) e insolúvel (FI) dos pães brancos e integrais, elaborados com farinhas de cevada.....	91
GRÁFICO 2 - Atributos avaliados no escore de pontos dos pães adicionados de farinha de cevada comparados com o pão branco controle.....	101
GRÁFICO 3 - Atributos avaliados no escore de pontos dos pães adicionados de farinha de cevada integral comparados com o pão integral controle.....	102
GRÁFICO 4 - Distribuição da aceitabilidade dos pães adicionados de farinha de cevada (FC) e farinha de cevada integral (FCI).....	104
GRÁFICO 5 - Preferência dos consumidores no teste de aceitabilidade dos pães.....	105

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Classificação de qualidade do pão.....	46
---	----

ARTIGO 1

TABELA 1 - Perfil utilizado para determinação dos parâmetros de viscosidade.....	57
TABELA 2 - Valores médios das porcentagens em base seca da composição centesimal das farinhas de trigo, cevada e mistas.....	59
TABELA 3 - Valores médios para os parâmetros de cor L* (luminosidade) a* e b* do colorímetro Minolta, das farinhas de trigo, cevada e mistas.....	63
TABELA 4 - Resultados da análise farinográfica das massas obtidas a partir das farinhas de trigo, cevada e mistas.....	67
TABELA 5 - Valores médios de falling number (FN), glúten úmido (GU), glúten seco (GS), relação P/L e força de glúten (W) das farinhas de trigo, cevada e mistas.....	71
TABELA 6 - Características de pasta das farinhas de trigo, cevada e mistas.....	73

ARTIGO 2

TABELA 1 - Capacidade de absorção de água de cada mistura e quantidade de água adicionada nas formulações de pães.....	85
TABELA 2 - Classificação de qualidade do pão.....	88
TABELA 3 - Composição química dos pães elaborados com adição de farinha de cevada (FC) e farinha de cevada integral (FCI), em diferentes níveis de substituição.....	89
TABELA 4 - Valores médios para as coordenadas de cor L*, a* e b* dos pães elaborados com farinhas de cevada**.....	93
TABELA 5 - Médias dos valores de firmeza, volume e volume específico dos pães elaborados a partir de diferentes concentrações de farinhas de cevada.....	94
TABELA 6 - Resultados das análises físicas dos pães, quanto ao peso da massa crua e do pão, perdas na cocção e índice de conversão.....	96
TABELA 7 - Valores médios das características externas dos pães em relação a porcentagem de adição de farinha de cevada à farinha de trigo na elaboração dos pães de forma.....	97
TABELA 7.1 - Valores médios das características internas da crosta e do miolo dos pães adicionados de farinha de cevada e farinha de cevada integral.....	99

TABELA 7.2 - Valores médios do aroma e sabor dos pães adicionados de farinhas de cevada.....	100
TABELA 7.3 Valores médios da avaliação global da qualidade dos pães adicionados de farinha de cevada e farinha de cevada integral.....	101
TABELA 8 - Escala hedônica com os conceitos atribuídos pelos provadores à cada formulação de pão, no teste de aceitabilidade.....	103

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE I

FIGURA 1A - Modelo de ficha de resposta da avaliação sensorial, utilizando-se a escala hedônica de sete pontos, para o teste de aceitação.....	122
FIGURA 2A - Modelo de ficha aplicada à qualidade do pão.....	123

APÊNDICE II

FIGURA 1B - Farinogramas das farinhas de trigo (A), farinha de cevada (B), farinha de trigo integral (C) e das farinhas mistas FM1 (D), FM2 (E), FM3 (F), FM4 (G), FM5 (H), FM6 (I), FM7 (J), FM8 (K).....	128
FIGURA 2B - Alveogramas das farinhas de trigo (A), farinha de cevada (B) e farinhas mistas FM1 (C), FM2 (D), FM3 (E), FM4 (F), FM5 (G), FM6 (H), FM7 (I), FM8 (J).....	133
FIGURA 3B - Viscosidade das farinhas mistas (A) e das farinhas de cevada, de trigo, de cevada integral e de trigo integral (B).....	134
FIGURA 4B - Textura (força x tempo) dos pães brancos (A) e integrais (B).....	135
TABELA 1B - Escala hedônica com os respectivos pesos, pontuação e notas totais do teste de aceitabilidade para os pães de forma.....	124

SUMARIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 Cevada	15
2.1.1 Beta-glucanas.....	18
2.1.1.1 Mecanismo de Ação das beta-glucanas	19
2.1.2 Ingestão de cevada e benefícios à saúde.....	21
2.2 Caracterização de farinhas e farinhas mistas	23
2.3 Influência da farinha de cevada no pão.....	32
2.4 Pão	33
2.4.1 Ingredientes da massa.....	34
2.4.1.1 Farinha de trigo.....	34
2.4.1.2 Água	38
2.4.1.3 Fermento.....	38
2.4.1.4 Sal	39
2.4.2 Matérias-Primas Complementares.....	39
2.4.2.1 Açúcar	40
2.4.2.2 Gordura.....	40
2.4.2.3 Melhoradores de farinha.....	41
2.5 Processamento.....	42
2.6 Pão de forma	43
2.7 Avaliação de qualidade dos pães	45
3 ARTIGOS CIENTÍFICOS	51
ARTIGO 1 Caracterização e potencial reológico de farinhas de cevada e mistas.....	52
ARTIGO 2 Efeito da incorporação de farinhas de cevada sobre as características sensoriais e de qualidade do pão de forma.....	81
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	111
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	112
6 APÊNDICES	121

1 INTRODUÇÃO

A cevada (*Hordeum vulgare sp. vulgare*) é um cereal de inverno que ocupa a quinta posição, em ordem de importância econômica, no mundo (YALÇIN et al., 2007). Foi uma das primeiras plantas domesticadas pelo homem, sendo cultivada há mais de 7.000 anos e apresentou-se como a principal fonte de dieta da civilização antiga. Entretanto, produtos de melhor qualidade e sabor, preparados a partir do trigo e arroz, diminuíram consideravelmente o seu uso como alimento, especialmente nos séculos 19 e 20 (NEWMANN e NEWMANN, 2006).

Contribuíram para esse contexto, as melhorias das condições da classe dos agricultores e o crescimento e desenvolvimento da indústria do trigo, aliados à sua grande disponibilidade. Além disso, o aumento da qualidade de panificação e a preferência dos consumidores modernos por pães brancos, leves e macios, tornaram o trigo o grão de escolha para elaboração destes produtos. Desta forma, o trigo passou a dominar o mercado de produtos de panificação e derivados, enquanto que a cevada, passou a ser destinada principalmente à indústria do malte e ração animal.

No que se refere aos produtos derivados do trigo, destaca-se a elaboração de pães. Sua popularidade é devida, sem dúvida, ao excelente sabor, preço e disponibilidade em milhares de padarias e supermercados do país. O pão faz parte da dieta habitual da população e, portanto, o desenvolvimento de novos produtos de panificação com características especiais pode ser bem aceito pelo consumidor.

Com a crescente consciência dos efeitos benéficos de uma dieta saudável sobre a qualidade de vida e da relação custo-eficácia dos cuidados à saúde, a indústria alimentícia se defronta com desafios para desenvolver novos produtos alimentícios com características especiais de reforço a saúde. Para tanto, é preciso identificar novas fontes nutracêuticas e outros materiais naturais e nutricionais com características funcionais desejáveis.

Devido ao seu amplo consumo enquanto fonte de carboidratos, o pão revela-se como alternativa interessante de alimento, com potencial para tornar-se veículo de incorporação destas novas fontes nutricionais. Entretanto, uma desvantagem do pão elaborado somente com farinha de trigo refinada é que o amido presente é rapidamente

digerido e absorvido, resultando em um desfavorável aumento da glicose sanguínea e da insulina. Além disso, é também fonte pobre de fibra alimentar, contendo tipicamente menos de 2,5% (BHATTY, 1986), sendo considerado alimento de alto índice glicêmico (CAVALLERO et al., 2002).

Uma tendência recente consiste em aumentar o componente fibra em produtos alimentícios a fim de superar problemas de saúde como hipertensão, diabetes e hiperlipidemia (NEWMAN et al., 1991). Concentrações significativas de fibras podem ser adicionadas ao pão para que este possa ser considerado um alimento fonte de fibras e apresente propriedades benéficas à saúde do consumidor.

A cevada surge como uma das espécies com potencial para se tornar fonte de alimentos saudáveis no futuro. Embora menos comum em formulações alimentícias que outros cereais, a cevada é uma excelente fonte, tanto de fibra solúvel quanto insolúvel. As beta-glucanas presentes na porção solúvel da fibra alimentar da cevada, tem implicações sobre o colesterol sérico e redução da glicose sanguínea, e há estudos sobre propriedades anticarcinogênicas (BRENNAN; CLEARY, 2005; IZYDORCZYK et al., 2008). Além disso, a cevada contém antioxidantes, vitaminas, minerais e fitonutrientes como compostos fenólicos e lignanas (MALCOLMSON et al., 2005).

Os fatores sabor e aparência, juntamente com sua pobre qualidade de panificação, limitaram o uso da cevada em alimentos humanos. Entretanto, em anos recentes houve interesse crescente da pesquisa na utilização da cevada em larga escala de aplicações em alimentos (BHATTY, 1999; ARNDT, 2006; YALÇIN et al., 2007). Um aumento da incorporação de cevada na dieta humana está sendo encorajado, uma vez que é naturalmente saudável, prontamente disponível e de baixo custo (NEWNANN et al, 1998).

Considerando-se a elevada carga glicêmica associada aos produtos de panificação derivados do trigo e os custos com a importação deste cereal, faz-se necessário o aprofundamento das pesquisas relacionadas a outras espécies, como a cevada, na elaboração de produtos, que além de desempenharem suas funções nutricionais básicas poderão conferir benefícios adicionais à saúde.

Segundo Fuke (2007), a cevada apresenta um potencial nutricional importante para consumo humano, podendo ser recomendada devido ao seu valor nutricional, no qual, os de maior importância quantitativa são amido, proteína e fibra (com suas frações, insolúvel e solúvel). Além disso, a autora considera adequado o uso dos grãos de cevada na alimentação como fonte de fibra, em especial da fração solúvel, a qual tem

demonstrado efeitos benéficos à saúde, podendo ser utilizada no enriquecimento de produtos ou como ingrediente da dieta.

Visto a limitada utilização de cevada para consumo humano e visando incentivar a expansão de sua ingestão como alimento, a incorporação de farinha de cevada em produtos amplamente consumidos, como pães, surge como alternativa interessante e benéfica nutricionalmente, podendo ser bem aceita pelo consumidor.

No entanto, os requisitos de qualidade da cevada para uso em alimentos não estão bem estabelecidos, dificultando a correta seleção das matérias-primas apropriadas para usos em produtos alimentícios específicos (BAIK; ULLRICH, 2008).

O restrito número de pesquisas na área e o fato de a cevada estar sendo recomendada para consumo humano, reforçam a necessidade de explorar suas habilidades tecnológicas, a fim de disponibilizar aos consumidores um produto diferenciado, competitivo no mercado e com características especiais de reforço à saúde.

O interesse por fontes alternativas de nutrientes justifica maiores esforços em investigar o potencial das mesmas enquanto produtos ou ingredientes para formulação de produtos, em especial os de uso popular, como os pães, componentes do hábito alimentar do brasileiro e da maioria dos povos. Para tanto, o desenvolvimento de um novo produto ou a adição de novos ingredientes implica na avaliação do nível de qualidade e viabilidade do mesmo.

Visando explorar a possibilidade de ingestão de cevada, este trabalho teve por objetivo avaliar a potencialidade tecnológica do uso da cevada, sob a forma de farinha, como alimento, bem como os efeitos desta incorporação sobre as qualidades reológicas e sensoriais do pão de forma.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cevada

A cevada (*Hordeum vulgare sp. vulgare*) é uma antiga e importante cultura de grão de cereal que ocupa a quinta posição, em ordem de importância econômica, no mundo (YALÇIN et al., 2007). Foi uma das primeiras plantas domesticadas pelo homem, sendo cultivada há mais de 7.000 anos. Era o grão de escolha dos faraós egípcios e gladiadores romanos, sendo a principal fonte de dieta da civilização antiga; e continuou a ser um importante constituinte da alimentação da classe dos trabalhadores até o final do século 19.

A cevada é possivelmente a espécie de grão de cereal mais largamente adaptada com produção a elevadas altitudes e latitudes e mais afastados desertos que qualquer outro cereal. É em climas extremos, como nas nações do Himalaia, Etiópia e Marrocos, que a cevada mantém-se até hoje, como principal fonte de alimento (BAIK; ULLRICH, 2008).

Apesar disso, o seu uso na alimentação humana é limitado, em comparação a outros cereais. Sua utilização, nos dias atuais, está voltada basicamente para a indústria cervejeira e alimentação animal. Em tempos recentes, cerca de dois terços da produção de cevada está voltada para alimentação animal, um terço para indústria do malte e cerca de 2% para a elaboração de alimentos diretamente (NEWMAN; NEWMAN, 2006).

O baixo consumo humano de cevada é devido, principalmente, à má aparência, às pobres propriedades organolépticas dos produtos elaborados e também devido à presença de casca bem aderente (uma vantagem na malteação) que restringe a utilização de cevada em alguns produtos alimentícios (BHATTY, 1986; BAIK; CZUCHAJOWSKA, 1997).

O grão é utilizado na industrialização de bebidas (cerveja e destilados), na composição de farinhas ou flocos para panificação, na produção de medicamentos e na formulação de produtos dietéticos e de sucedâneos de café (MINELLA, 2007). A cevada é ainda empregada em alimentação animal como forragem verde e na fabricação

de ração (FARAJ et al., 2004). A produção brasileira de cevada está concentrada na região Sul, com registros de cultivo também nos estados de Goiás, Minas Gerais e São Paulo (AMABILE, 2009).

O grão de cevada é composto basicamente por três porções: casca, embrião e endosperma. A casca é a parte externa da semente, camada resistente e com função de proteção, contém fibras, antioxidantes, minerais e vitaminas do complexo B. O embrião da cevada divide-se em três partes: o cotilédone, o epicótilo (que origina o broto) e a radícula (que origina a raiz) e contém vitaminas, algumas proteínas, minerais e lipídios. O endosperma é a fonte de nutrientes do embrião e onde se encontra a maior parcela de carboidratos e proteínas do grão. O conteúdo de açúcar dos grãos de cevada é bastante baixo, mas o endosperma mantém uma grande quantidade de amido. O amido é o polissacarídeo de reserva do endosperma, podendo ser do tipo waxy (ceroso) com traços de amilose, regular (cerca de 25% de amilose) e com alto teor de amilose (35-50%) (POMERANZ, 1987). Os grãos de cereais são compostos por 50 a 65% de amido em peso seco, e por este motivo são utilizados como principal fonte energética da alimentação humana.

Além do amido, a fibra alimentar e a proteína são os principais componentes do grão da cevada, e em menor quantidade encontram-se lipídios, sais minerais e vitaminas. A fração protéica da cevada (hordeína) armazena mais da metade do conteúdo total de nitrogênio no grão maduro (SHEWRY et al., 1978). A composição química pode sofrer alterações tanto devido a fatores genéticos quanto ambientais (YALÇIN et al., 2007). Em relação a outros grãos, cevada e trigo têm conteúdos similares de proteína (11-12%); entretanto, ambos são mais protéicos que o milho (9,5%) e arroz (7,5%) (LOCKHART; HURT, 1986).

As proteínas da cevada dividem-se em albuminas, globulinas, prolaminas (hordeína) e frações de glúten. A maior parcela das proteínas de armazenamento do endosperma é composta por hordeínas solúveis em álcool, que compreendem de 30 a 50% do total de proteína do grão (QUAGLIA, 1991). Elas são sintetizadas no retículo endoplasmático rugoso e acumuladas na forma de corpos de proteína nas células do endosperma. A hordeína é composta por quatro frações: B, C, D e gama hordeína (QI et al., 2006).

A cevada apresenta elevados teores de fibra alimentar, incluindo fibra solúvel e difere de muitos grãos, pois a fibra está distribuída na semente inteira e não apenas na camada externa (YALÇIN et al., 2007). Assim, quando a casca ou camada externa é

removida, apenas parte da fibra é perdida (OSCARSSON et al., 1996; XUE et al., 1997). Desta forma um produto processado a partir das camadas internas do grão de cevada pode ser nutricionalmente atraente com relação aos teores de fibra alimentar. O restante do grão retém ainda em torno de 50% de seu valor em fibra (HELM; DE FRANCISCO, 2004).

A fibra alimentar total consiste em duas frações: solúvel e insolúvel, ambas resistentes à digestão pelas enzimas do trato gastrointestinal humano. Essa classificação refere-se à sua estrutura como polissacarídeos, em relação à sua solubilidade em água e grau de fermentação (pela ação das bactérias no intestino grosso). A fração insolúvel, em grãos de cereais, contém uma grande proporção de celulose, além de lignina e hemicelulose e possui efeitos benéficos sobre o trato gastrointestinal (JENKINS et al., 1985). A porção solúvel contém principalmente pectina, arabinoxilanas e beta-glucanas.

Entre os cereais, especialmente aveia e cevada são ricas em beta-glucanas. A principal diferença entre elas é o tamanho das moléculas: as beta-glucanas nativas dos grãos de cevada correspondem a cerca de um terço do tamanho daquelas presentes na aveia (AUTIO, 1992).

A fibra alimentar solúvel tem se mostrado eficaz na redução do risco de doenças cardiovasculares e na redução dos picos de glicose sanguínea e insulina após refeições ricas em carboidratos. O consumo diário recomendado de fibra alimentar é, respectivamente, de 38 e 25g/dia para homens e mulheres entre 19 e 50 anos (AACC, 2003). Na parede celular do grão de cevada encontram-se beta-glucanas e arabinoxilanas que compõem a fração solúvel da fibra alimentar. O teor de beta-glucanas observado varia de 3,01 a 9,68% e os valores de arabinoxilanas oscilam entre 3 e 7% (MACGREGOR; FINCHER, 1993). Mesmo sendo estes polímeros considerados componentes minoritários, juntos eles podem constituir até 16% do grão.

Apesar de possuir uma boa quantidade de proteína, a cevada carece de gliadina e glutenina (proteínas formadoras da rede de glúten), não sendo utilizada comumente para a produção de pães. A hordeína, proteína da cevada, não se encontra sob a forma de glúten, como no trigo, e é solúvel em água, o que faz com que os gases da fermentação pelas leveduras não sejam retidos, não resultando em um pão com características desejáveis.

Nos últimos anos, o aumento da incorporação de cevada na dieta humana está sendo recomendado, uma vez que a cevada, contendo altas concentrações de beta-glucanas, está sendo conhecida por apresentar efeito na diminuição da taxa de colesterol

sérico (MCINTOSH et al., 1991), regulador dos níveis de glicose sanguínea (BEHALL et al., 2006) e resposta insulinêmica em diabéticos e ainda reduzir os riscos de câncer (CAVALLERO et al., 2002).

Izydorczyk et al. (2001) mostraram que o conteúdo de beta-glucanas da cevada pode se alterar com a variedade, tipo de espiga e condições durante o crescimento do grão. Investigações sobre os efeitos genéticos e do meio ambiente sobre a composição e características de qualidade da cevada podem fornecer informações importantes em relação ao propósito final de sua utilização.

A cevada possui a maior diversidade genética entre os grãos de cereais. Existem variedades de cevadas nudas ou cobertas, cerosas (“waxy”) e não cerosas, regular ou alto teor de beta-glucana, regular ou alto teor de amilose, alto teor de lisina ou regular. Consequentemente, a composição química da cevada, seus valores nutricionais, suas propriedades funcionais e físico-químicas e seus usos variam amplamente (BAIK; CZUCHAJOWSKA, 1997).

Ultimamente, uma nova variedade de cevada melhorada geneticamente tem despertado o interesse de pesquisadores, produtores e da indústria. Trata-se da cevada nuda (hulles barley ou naked barley), que por dispensar a necessidade de descascamento, oferece algumas vantagens para usos em alimentos. No Brasil, esta variedade de cevada é cultivada apenas em estações experimentais, com a finalidade de se avaliar a possibilidade de uso em alimentos (HELM; DE FRANCISCO, 2004).

2.1.1 Beta-glucanas

As beta-glucanas, componentes majoritários da porção fibra solúvel da cevada, são polissacarídeos que ocorrem como principal componente da parede celular de certos grãos de cereais. As fontes primárias na dieta humana são aveia, cevada, arroz e trigo (LAZARIDOU; BILIADERIS, 2007). Os níveis na aveia descascada e na maioria das cevadas nudas são de aproximadamente 3 a 7%, 2% no arroz e 0,5% no trigo (WOOD, 1994).

As beta-glucanas são homopolissacarídeos lineares de resíduos (1-4)- β -D-glucosil (isto é, segmentos oligoméricos de celulose) consecutivamente ligados e separados por ligações do tipo (1-3) (Figuras 1 e 2). A conformação da cadeia depende do número relativo de ligações (1-3) e (1-4)-glicosídicas entre as repetidas unidades de

glicose. As beta-glucanas são solúveis em água, têm estrutura linear e possuem alto peso molecular (AUTIO, 1992). Como é típico dos polissacarídeos em soluções aquosas, as beta-glucanas mostram uma forte tendência para associar-se e, portanto, a viscosidade das soluções é elevada.

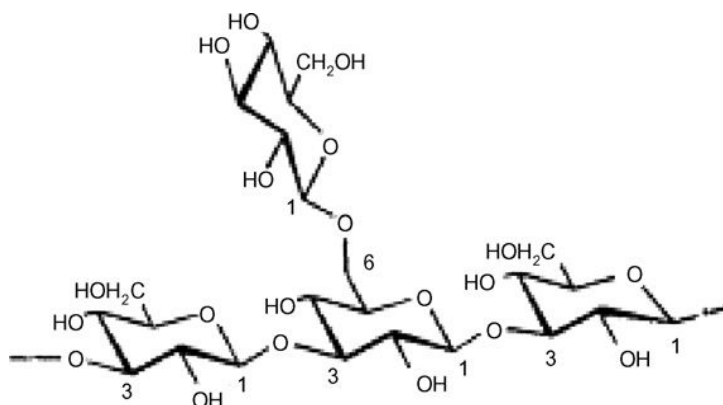


Figura 1. Estrutura das (1-3)-beta-glucanas com ramificações β -(1-6).

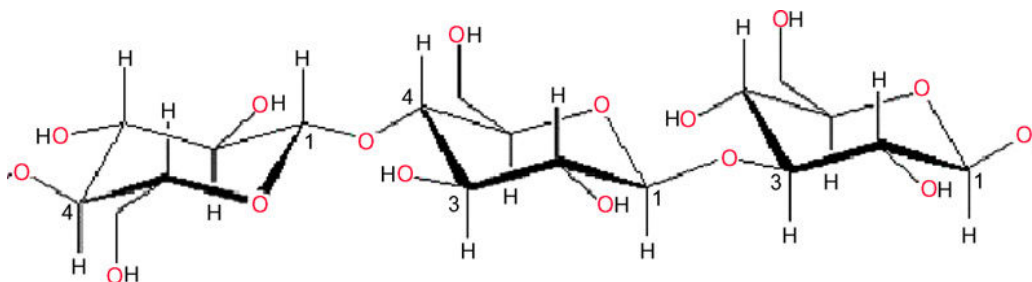


Figura 2. Estrutura das (1-3)-beta-glucanas com ramificações β -(1-4).

Essas ligações (1-3)(1-4)- β -D-glucanas do endosperma dos grãos de cereais aparecem como valiosos hidrocolóides industriais, que surgem como importantes compostos fisiologicamente ativos das fibras alimentares (WOOD et al., 2000).

2.1.1.1 Mecanismo de Ação das beta-glucanas

As fibras alimentares solúveis reduzem o colesterol sérico e a glicose sanguínea pós-prandial, devido principalmente à formação de soluções viscosas, que diminuem a

absorção de componentes (glicose, ácido biliar, colesterol) pelo intestino (WOOD, 1993; CAVALLERO et al., 2002).

A viscosidade depende não apenas da concentração da fibra, mas também de sua solubilidade e peso molecular (WOOD et al., 2000). Se a viscosidade é importante para a bioatividade, qualquer transformação, cozimento ou tratamento durante a armazenagem que afete a solubilidade e o peso molecular das beta-glucanas deve ser considerado. É claro que o processo de panificação pode causar significativa despolimerização de sua estrutura. Esta despolimerização parece ser causada principalmente pelas beta-glucanases, enzimas presentes na farinha de trigo. No entanto, pães e outros produtos cozidos contendo farinha de trigo e beta-glucanas da cevada e aveia têm demonstrado uma diminuição na glicose sanguínea e resposta da insulina (CAVALLERO et al., 2002).

Efeitos benéficos das beta-glucanas têm sido relatados, como propriedades de diminuição do colesterol (NEWMAN et al., 1992), regulação da glicose no sangue (WOOD, 1994), imunoestimulação e atividade antitumoral (MCINTOSH et al., 1991). Essas propriedades benéficas levaram a uma demanda para a incorporação de beta-glucanas em diferentes sistemas alimentares.

A elevada viscosidade parece ser crucial para alcançar o efeito positivo das beta-glucanas sobre o pico de glicose sanguínea (WOOD, 1994; WOOD et al., 2000), o que significa que beta-glucanas de alto peso molecular são fisiologicamente mais eficazes do que as de baixo peso molecular. No entanto, no estudo de Nning et al. (1999), um produto processado (leite de aveia), foi eficiente na redução dos níveis de colesterol no sangue.

Existe um número limitado de informação publicada disponível sobre o impacto das $(1 \rightarrow 3,1 \rightarrow 4) - \beta - D -$ glucanas e beta-glucanase na massa e no pão (IZYDORCZYK et al., 2001). Em contraste com Wang et al. (2002), que mostraram que a adição de frações $(1 \rightarrow 3,1 \rightarrow 4) - \beta - D -$ glucanas melhoraram a estrutura do miolo de pães de trigo e não afetaram o volume dos pães, Gill et al. (2002) sugeriram que as $(1 \rightarrow 3,1 \rightarrow 4) - \beta - D -$ glucanas da cevada podem reduzir o volume do pão.

A solubilidade das beta-glucanas em água contribui para aumentar a absorção da água na massa devido às hastes assimétricas e sua configuração em soluções aquosas que permitem que absorvam grandes quantidades de água. Esses componentes da fibra da cevada apresentam um potencial grande como espessantes ou estabilizantes em produtos alimentícios. As substâncias com elevada capacidade absorvente de água e

viscosidade elevada em solução têm influências importantes sobre as características de absorção da farinha e do pão resultante.

2.1.2 Ingestão de cevada e benefícios à saúde

A grande vantagem de incorporar cevada em vários produtos alimentares e consumir estes alimentos é decorrente de seus potenciais benefícios à saúde (NEWMANN et al., 1998; ARNDT, 2006). A eficácia das beta-glucanas, presentes em produtos alimentares contendo cevada, na redução de colesterol sérico (BEHALL et al., 2004), e índice glicêmico (CAVALLERO et al., 2002, WOOD, 1993) têm sido relatados em várias publicações. Além disso, a cevada é uma fonte rica de tocóis, incluindo tocoferóis e tocotrienóis, que são conhecidos por reduzirem o colesterol LDL sérico, através de sua ação antioxidante.

Em 23 de dezembro de 2005 a Food and Drug Administration in the United States (US) aprovou uma alegação (reivindicação) de saúde para produtos de cevada, tais como a cevada em flocos, grãos, farinha e refeição. Essa recente aprovação das alegações de saúde das beta-glucanas presentes na porção fibra solúvel da cevada, por diminuírem os níveis de colesterol no sangue, podem aumentar ainda mais o desenvolvimento de produtos alimentares a partir deste cereal e o interesse dos consumidores em experimentar esses alimentos.

A ingestão de produtos a base de cevada auxiliam ainda, na manutenção do peso corporal, uma vez que promovem prolongamento da saciedade, diminuem a densidade energética e têm efeitos no aumento do bolo fecal (CAVALLERO et al., 2002; WOOD, 2007). Além disso, estudos demonstram que as beta-glucanas presentes na cevada reduzem o risco de câncer de cólon (BRENNAN; CLEARY, 2005).

Em seu estudo, Urooj et al. (1998), demonstraram que o pão elaborado tanto com cevada descascada quanto com grão de cevada integral mostraram maiores escores de saciedade quando comparados com o pão branco de referência.

Segundo Fuke (2007), a inclusão de grãos integrais de cevada à dieta promove efeitos benéficos na saúde, aumentando o teor de umidade e nitrogênio nas fezes, aumento do volume fecal e redução nos valores de pH, indicativos de uma maior

fermentabilidade microbiana da fibra alimentar, em especial da fração solúvel. Além disso, a autora constatou que o uso de grãos de cevada como fonte de fibra altera o perfil lipídico de ratos em crescimento reduzindo os níveis sanguíneos de colesterol total e de triglicerídeos.

O estudo de Cleary et al. (2007) ilustrou o potencial das beta-glucanas de alto e baixo peso molecular da cevada sobre o aumento da qualidade nutricional de pães brancos através da redução da digestibilidade do amido.

Com o aumento do conhecimento dos consumidores sobre os benefícios de uma alimentação provida de fibra alimentar, especialmente fibra solúvel e outros constituintes de grãos integrais, produtos à base de cevada têm boa chance de ganhar novamente reconhecimento e aceitação dos consumidores (NEWMANN; NEWMANN, 2006).

Estudos com grãos de cevada e subprodutos elaborados confirmam que ela pode ser comparada a cereais com características de alimentos funcionais, devido a sua composição química e valor nutricional, uma vez que seu uso, em determinadas situações, pode reduzir ou amenizar algumas complicações metabólicas e fisiológicas (LI et al., 2003).

2.1.3 Produtos elaborados a partir da cevada

Sendo a cevada um grão de cereal, estudos têm relatado usos de produtos oriundos da cevada como o farelo, farinha de cevada, frações de beta-glucanas etc. em vários produtos de panificação. A maioria destes produtos derivados da cevada é passível de produzir uma farinha enriquecida que pode ser adicionada à farinha de trigo, substituindo-a em muitos produtos de cereais incluindo pães, muffins e massas (UROOJ et al., 1998; GILL et al., 2002).

Segundo Bhatti (1993), a farinha de cevada pode ser usada como espessante e adicionada à farinha de trigo para elaboração de cookies, biscoitos, muffins, salgadinhos e produtos extrusados. Entretanto, o uso de farinha de cevada no pão e produtos de panificação necessita de mais pesquisa e desenvolvimento. Pode-se encontrar farinha de cevada em comidas de bebê e leites maltados.

Kawka et al., (1999) desenvolveram um pão com adição de flocos de cevada e demonstraram que, do ponto de vista nutricional, o produto elaborado é potencialmente saudável, devido ao aumento do teor de fibras, podendo ser usado como um produto profilático.

Knuckles et al. (1997) constataram que frações de farinha de cevada, enriquecidas em beta-glucanas, podem ser usadas em misturas com farinha de trigo e semolina para produzir massas e produtos de panificação com propriedades sensoriais aceitáveis. Bordon et al. (1999) acrescentaram que tais produtos apresentaram menor índice glicêmico que a massa de trigo *durum* contendo a mesma quantidade de carboidratos disponíveis.

Os japoneses possuem várias aplicações da cevada incluindo chás, bebidas alcoólicas variadas e cevada finamente descascada que é utilizada como espessante de arroz. Similarmente, há uma larga variedade de aplicações da cevada nuda na Índia, China e no Leste da Ásia e Norte da África. Produtos com valores agregados incluem a moagem da cevada nuda para a produção de farelo e farinha para múltiplos usos em alimentos (BHATTY et al., 1991), extração e enriquecimento de beta-glucanas (KNUCKLES et al., 1997; BHATTY, 1993), produção de etanol, preparação de amidos nativos e modificados, produção de alimentos (BHATTY, 1999) e para fabricação de malte.

Segundo Fuke (2007), grãos de diferentes cultivares de cevada podem ser usados para finalidades diferenciadas na nutrição humana, uma vez que, apresentam variações significativas com relação a composição bromatológica.

O valor nutricional de produtos alimentícios contendo cevada depende do nível de suplementação (grau de substituição) assim como do tipo de tecido ou fração moída do grão de cevada que foram usados (IZYDORCZYK et al., 2008).

2.2 Caracterização de farinhas e farinhas mistas

Cereais como trigo, milho, aveia, arroz, cevada, sorgo e centeio são melhor utilizados para o consumo humano quando preparados na forma de farinha. Segundo a

ANVISA (1996), farinha é o produto obtido pela moagem da parte comestível de vegetais, podendo sofrer previamente processos tecnológicos adequados.

Tradicionalmente, a cevada não sofre o processo de moagem e o uso de farinha de cevada em alimentos não possui critérios de qualidade bem estabelecidos. Entretanto, de acordo com Bhatti (1993), cevada para uso em alimentos comerciais deve ser, preferencialmente, branca, ter amido waxy (ceroso), ser do tipo soft com tempo de grind ótimo maior de 40-45 segundos. Além disso, a farinha produzida a partir de cevada deve ter pouco amido danificado, altos teores de beta-glucanas e ser passível de ser adicionada a outros produtos de panificação e outras aplicações em alimentos. Potenciais aplicações de farinha de cevada em alimentos têm sido descritos em publicações científicas (BHATTY, 1986; NEWMANN; NEWMANN, 1991) e receitas de livros (BHATTY, 1993).

Atualmente, a tendência de mercado para comercialização das farinhas é a necessidade de aperfeiçoamento dos métodos de produção e beneficiamento visando uma produção de farinhas específicas para cada tipo de produto e/ ou cliente e suas necessidades específicas e segmentadas.

As farinhas alternativas, como as farinhas mistas, têm sido usadas nos produtos de panificação com o objetivo de enriquecê-los nutricionalmente e manter suas características tecnológicas e sensoriais de acordo com a preferência do consumidor.

As farinhas mistas são obtidas pela mistura de farinhas de diferentes espécies vegetais. Normalmente, a farinha integral é misturada à farinha comum para enriquecer o alimento (EL-DASH, 1982).

Segundo a ANVISA (2000), a farinha integral é aquela obtida com grau de extração de 100%, sem passar por processos de beneficiamento, mantendo, assim, todos os seus nutrientes e vitaminas essenciais ao bom funcionamento do metabolismo. É rica em proteínas e fibras, fonte de ferro e possui baixo teor de gordura; melhora a digestão, regulariza o intestino e aumenta a imunorresistência física e corporal. Do ponto de vista tecnológico, esse tipo de farinha é considerado inferior, pois tem a cor mais escura e, além disso, as fibras enfraquecem a rede protéica da massa de pão, fornecendo produtos finais mais densos (PEREIRA, 2002).

Quanto menor o grau de extração farinha, ou seja, quanto menor for a contaminação pelo farelo, maior será a proporção de proteína formadora do glúten, o que aumenta sua qualidade tecnológica. Devido a essa baixa contaminação com o farelo, a cor também se torna mais clara, o que é geralmente preferido pelo consumidor.

Na década de 60, a utilização de farinhas mistas tinha como objetivo a substituição parcial da farinha de trigo para redução das importações desse cereal. Depois, as pesquisas com farinhas mistas foram direcionadas para a melhoria da qualidade nutricional de produtos alimentícios e para suprir a necessidade dos consumidores por produtos diversificados. Vários fatores devem ser considerados na utilização de farinhas mistas para produção de alimentos. As características das farinhas sucedâneas devem reduzir ao máximo os efeitos da substituição para se obter alimentos com cor aceitável, sabor agradável e boa textura (EL-DASH; GERMANI, 1994).

Mudanças no processamento e a crescente exigência do consumidor por alimentos com qualidade sensorial, nutricional e que tragam benefícios à saúde incentivam o estudo de novos ingredientes para a indústria de alimentos.

Com a finalidade de se obter informações a respeito da qualidade da farinha de trigo ou de mescla de farinhas, determinam-se analiticamente diversos parâmetros cujos índices ótimos variam em função do tipo de produto que se deseja confeccionar. Entre os principais componentes de qualidade da farinha, podem ser citados: umidade, cinzas, proteínas, granulação, lipídios e carboidratos.

As análises laboratoriais servem como indicativo da qualidade dos grãos e das farinhas deles extraídas, e a partir dos parâmetros avaliados, determina-se a sua possibilidade de uso, por determinado segmento. É através das análises de laboratório que podem ser quantificadas as características que determinam a qualidade do cereal e principalmente, de suas farinhas.

As principais análises empregadas são do tipo físico-químicas e reológicas e servem para garantir a qualidade do produto, além disso, são importantes no direcionamento adequado das farinhas para os produtos: panificação, massas, biscoitos e bolos.

Uma farinha de boa qualidade e com potencial de panificação é aquela capaz de produzir, uniformemente, um produto final atrativo com custo competitivo. Se a farinha não apresentar bons resultados no produto final, poderá ser suplementada com aditivos, que farão o seu tratamento, visando corrigir características funcionais. Os aditivos são substâncias que inibem, enaltecem, complementam, otimizam ou alteram componentes ou características da farinha de trigo (CARVALHO, 1999).

Ao formular a farinha mista para uso em panificação e confeitaria, alguns aspectos devem ser considerados para que seja viável de aplicação. Dentre eles destacam-se as propriedades reológicas da massa e as características físicas, sensoriais e

nutricionais das matérias-primas empregadas na formulação. Além disto, os produtos devem apresentar valor nutricional pelo menos igual ao daqueles com farinha de trigo pura e o custo final das misturas igual ou inferior ao preço final da farinha de trigo pura.

2.2.1 Análises reológicas

A qualidade de grãos e farinhas de cereais é definida por diversas características que assumem diferentes significados dependendo da designação de uso ou tipo de produto. Estas características podem ser divididas em físicas, químicas e reológicas (RAO; RAO, 1993).

A avaliação reológica da farinha, na qual são determinadas as propriedades viscoelásticas da massa, é de vital importância para a indústria de panificação permitindo predizer o seu uso final (GUTKOSKI et al., 2002). A reologia também desempenha importante papel no controle de qualidade e na especificação de ingredientes e aditivos a serem utilizados nos produtos elaborados (RAO; RAO, 1993).

Essas características reológicas da farinha dependem da quantidade e da qualidade das proteínas presentes no grão. O método mais utilizado para a determinação protéica da farinha é o método de Kjeldahl, pelo processo de determinação de nitrogênio, o qual assume uma relação constante entre o nitrogênio total e os polímeros de aminoácidos os quais se ligam para formar a proteína (QUAGLIA, 1991).

Este método, entretanto, é conveniente para avaliar proteínas apenas do ponto de vista da nutrição. Através dele, determina-se o teor de todas as proteínas, sejam elas solúveis (albuminas e globulinas) ou insolúveis (gliadina e glutenina).

A fim de avaliar a qualidade funcional de uma farinha prefere-se a determinação do glúten, a porção insolúvel das proteínas. Existe uma correlação entre o conteúdo de proteínas e o de glúten no trigo, sendo normalmente o primeiro 17 a 18% maior que o segundo (glúten seco $\times 1,18 =$ proteínas) (GRANOTEC DO BRASIL, 2000).

As avaliações de qualidade estão relacionadas especificamente com características físico-químicas dos componentes de formação do glúten (PEREIRA, 2002). Tanto o conteúdo quanto a qualidade da proteína são fatores importantes na determinação da velocidade e da capacidade de absorção de água pela farinha. Pela ação da mistura, as partículas de farinhas hidratadas formam uma rede de massa contínua que

pela mistura subsequente transforma-se em massa desenvolvida com propriedades físicas adequadas à produção de pão. Durante o desenvolvimento da massa, os agregados de proteína, que a princípio parecem ter estrutura física fibrilar são convertidos em filmes contínuos ou membranas com propriedades reológicas adequadas à expansão e, à retenção dos gases produzidos durante a fermentação e o cozimento da massa. A transformação de partículas de farinha hidratada em uma massa desenvolvida depende, em grande extensão, da natureza das proteínas da farinha, especialmente das proteínas do glúten (BLOKSMA, 1990).

As características, particularmente a elasticidade e a extensibilidade da massa dependem tanto do conteúdo de proteínas do glúten por unidade de massa, como da sua habilidade para formar novas ligações com as moléculas adjacentes. Portanto, se o número de partículas de proteína é muito pequeno, o poder de entumescimento e a habilidade de formar novas ligações são pequenos, não sendo possível a formação de ligações fortes, resultando, principalmente, numa massa plástica não apropriada. Em outros casos, os pontos de contato podem ser poucos e fracos; em conseqüência, a qualidade da massa também será ruim. Em outras palavras, as propriedades da massa produzida são controladas por ambas: quantidade e qualidade de proteína (EL-DASH et al., 1982).

O glúten é o elemento responsável pela formação da massa, atribuindo-lhe a característica viscoelástica que esta possui. A qualidade da proteína depende da habilidade das partículas do glúten da farinha em formar a sua estrutura quando a farinha é misturada com água para formar a massa.

Para determinar a quantidade de glúten presente na farinha, utilizam-se técnicas de lavagem. Esta técnica é baseada no fato de que os grânulos de amido que separam as proteínas são removidos, dando mais pontos de contato de modo que a proteína eventualmente coalesce e forma um material elástico conhecido por glúten. Este teste permite a observação visual das várias características físicas do glúten, tais como a elasticidade e a cor (EL-DASH, 1990).

A lavagem do glúten pode ser feita manualmente ou por aparelhos como o Glutomatic, no qual, inicialmente uma quantidade de farinha é misturada a uma solução salina, obtendo-se uma massa, a qual é lavada com água ou solução salina por alguns minutos. Neste momento, todo o amido presente é retirado, restando apenas o glúten com uma quantidade remanescente de água. A massa é então centrifugada e seca. A relação entre o peso da farinha e o peso da massa úmida ou seca fornece a quantidade de

glúten úmido ou seco (PEREIRA, 2002). De acordo com a Granotec do Brasil (2000), uma boa farinha panificável deve apresentar teor de glúten úmido superior a 26% e teor de glúten seco superior a 8,5%.

Na prática, é possível verificar, indiretamente, o potencial de panificação de uma farinha ou de mesclas de farinhas através de um conjunto de análises laboratoriais. Dentre estas análises, de grande importância, estão as relacionadas com o comportamento reológico da massa. Segundo Rao e Rao (1993), a avaliação reológica da farinha é de vital importância para a indústria de panificação ajudando a prever as características de processamento da massa e a qualidade dos produtos finais. A reologia também desempenha importante papel no controle de qualidade e na definição da especificação de ingredientes dos produtos elaborados. A qualidade tecnológica de uma farinha pode ser determinada por meio de uma série de análises e testes instrumentais específicos (PEREIRA, 2002).

Entre as determinações disponíveis para avaliar objetivamente as propriedades da massa e definir o uso final da farinha de trigo na panificação, incluem-se as de características de mistura (farinógrafo e mixógrafo), características de extensão (extensógrafo, alveógrafo e consistógrafo), viscosidade (número de queda, viscosímetro RVA) e de produção ou retenção de gás (reofermentógrafo e maturógrafo).

2.2.1.1 Farinografia

O princípio do Farinógrafo é demonstrar a resistência da massa mediante uma ação mecânica (QUAGLIA, 1991). O aparelho é composto por um malaxador que mistura a farinha de trigo, uma bureta milimetrada para auxiliar na adição de água destilada e um registrador que elabora um diagrama conhecido como farinograma, o qual oferece os seguintes parâmetros: absorção de água, tempo de desenvolvimento da massa, estabilidade, índice de tolerância à mistura e tempo de quebra .

Segundo El-Dash e Germani (1994), os componentes da farinha que influenciam na sua capacidade de absorção de água são: proteínas, açúcares, quantidade de amido, quantidade de amido danificado (formado durante o processo de moagem), granulometria da farinha e fibras. Dentre estes, o mais importante constituinte da farinha que afeta a absorção de água é o glúten, que tem a capacidade de absorver 2,8 vezes seu

peso seco, enquanto os grânulos de amido não danificados podem absorver apenas 35% do seu peso.

Outros componentes da farinha, como celulose, hemicelulose e pentosanas, também tendem a ter uma alta capacidade de absorção, mas seu papel na farinha é limitado, devido à presença em pequenas quantidades.

As farinhas mais finas têm uma área de superfície total maior, com conseqüente maior grau e capacidade de absorção, enquanto que as farinhas com tamanho da partícula maior irão expor menor área de superfície e terão, portanto, menor absorção. Segundo Germani (2003), uma farinha boa para a produção de pães de forma deve apresentar uma absorção de água de 60-64%.

O tempo de estabilidade, medido em minutos, fornece alguma indicação da tolerância à mistura que a farinha apresentará, além de permitir comparar farinhas entre si, uma vez que, quanto maior o tempo de estabilidade mais forte e melhor é a farinha para panificação. Segundo Germani (2003), uma boa farinha de trigo para pães de forma deve apresentar um tempo de estabilidade superior a 7,5 minutos.

2.2.1.2 Alveografia

Teste reológico que avalia a força ou o trabalho mecânico necessário para expandir uma massa. Além disso, analisa as características de tenacidade e de extensibilidade de uma farinha submetida às condições do teste.

O alveógrafo Chopin é um aparelho que mede as propriedades viscoelásticas de uma massa, em que sob pressão constante, uma quantidade de ar suficiente para a formação de uma bolha de massa até a sua extensão total e ruptura (GERMANI, 2003).

A pressão da bolha é medida por um manômetro registrador, obtendo-se o alveograma, no qual é feita a leitura do teste. Os principais parâmetros utilizados na alveografia são o P/L e W, em que o P (tenacidade) é a tradução da resistência que a massa oferece ao ser esticada, e a extensibilidade (L) é a capacidade da massa em se esticar. O trabalho, ou força, (W) é relacionado com a energia requerida para a expressão da massa, indicando força da farinha. Para os valores de P e L, deve existir uma proporcionalidade (P/L) para, associados ao valor de W, expressarem um bom potencial de panificação (GRANOTEC DO BRASIL, 2000). Segundo Germani (2003),

uma farinha para a produção de pães de forma deve apresentar uma relação P/L entre 0,5-1,7 e força do glúten (W) entre 150-280 x 10⁻⁴ J.

O alveógrafo trabalha massas com hidratação constante, ainda que todos os transformadores de farinha trabalhem sua massa com consistência constante, o que se torna um ponto crítico, porém contornável, da análise (CARVALHO, 1999).

2.2.1.3 Viscosidade da farinha por RVA

O Rapid Visco Analyser (RVA) é um aparelho que possui um recipiente de teste e pá agitadora, onde é agitada uma suspensão de água e farinha e, posteriormente, este recipiente é encaixado na torre do aparelho, iniciando o ciclo de medição. O equipamento é ligado a um computador que fornece as curvas de viscosidade. A capacidade de aquecimento e resfriamento linear do equipamento, associada ao estável controle de temperatura, permite monitorar cuidadosamente o cozimento do material, enquanto são registradas continuamente as mudanças na viscosidade.

À medida que se procedem aos testes, sob alta temperatura e rotação controlada, o amido é gelatinizado, com conseqüente aumento na viscosidade, podendo-se verificar sua estabilidade nestas condições. O resfriamento subseqüente fornece uma indicação do setback (ganho de viscosidade) durante a geleificação. Dentre os parâmetros que podem ser determinados, têm-se: temperatura de pasta, viscosidade máxima, tempo de viscosidade máxima, temperatura na viscosidade máxima, breakdown, setback e viscosidade final no resfriamento.

A viscosidade da farinha é influenciada pela ação combinada da quantidade de amido danificado e não danificado e das enzimas alfa-amilases; a quantidade de amido danificado é afetada pelas condições do processamento durante a moagem, sendo a atividade de alfa-amilase afetada pelas condições que prevalecem durante a estocagem (EL-DASH et al., 1982).

2.2.1.4 Número de queda (Falling number)

O aparelho Falling Number tem como princípio a determinação indireta da atividade enzimática, na qual o amido geleificado é liquefeito pela alfa-amilase presente (AQUARONE et al., 2001). A finalidade ao determinar a atividade da enzima é determinar os danos causados pela germinação da espiga.

O aparelho é composto por duas divisões, uma elétrica e outra mecânica, com funções de fornecimento de calor para ocorrer a gelatinização do amido e, ao mesmo tempo, misturar a suspensão de água e farinha de trigo. A atividade da enzima alfa-amilase inicia com a geleificação do amido (55-65°C) e finaliza após sua desnaturação, próximo a 80°C (CARVALHO, 1999).

Esta análise viscosimétrica indica o efeito da alfa-amilase, sua atividade e também as propriedades do amido da farinha durante o processo de aquecimento. A presença dessa enzima em altas concentrações indica que os grãos, mesmo não estando visivelmente alterados, iniciaram o estágio de germinação, devido à umidade excessiva do ambiente durante a colheita e ou estocagem (GERMANI, 2003).

A alfa-amilase atua, principalmente, sobre o amido gelatinizado, o que ocorre com o aquecimento da farinha em presença de água. Sua ação prossegue até que se atinja a temperatura de inativação da enzima. A gelatinização do amido aumenta a consistência ou viscosidade de uma suspensão de farinha.

Entretanto, a ação da enzima, quebrando as longas cadeias do amido, tende a diminuir a viscosidade. Baseados neste fato, testes foram desenvolvidos a fim de avaliar a concentração de alfa-amilase em farinhas, embora estes testes não permitam quantificar a enzima, mas permitem comparar diferentes farinhas e separar aquelas que apresentam níveis adequados de enzima para serem usadas em panificação (GERMANI, 2003).

O Falling Number é um aparelho padronizado para medir o tempo que leva um objeto para se deslocar, sob a ação da gravidade, por meio de uma suspensão de farinha gelatinizada, sendo liquefeita pela ação da enzima existente naquela amostra. O tempo será tanto maior quanto mais alta a viscosidade da suspensão, ou seja, quanto menor a quantidade de enzima.

Uma das funções do amido presente na massa é absorver a água liberada pela coagulação das proteínas durante o cozimento do pão e, após o resfriamento, confere

sustentação à estrutura rígida e porosa do pão. Um excesso de enzima alfa-amilase resulta em grande destruição (perda da atividade) do amido, que deixará de absorver água liberada pela coagulação das proteínas, tornando o miolo gomoso. Além disso, devido à sacarificação do amido, o miolo se tornará mais escuro, em decorrência da caramelização (GERMANI, 2003).

O valor ideal de Falling Number depende das diferentes modalidades de produtos, receitas e processos, devendo-se estabelecer um intervalo ótimo para cada caso. Com a determinação deste índice, podem-se estabelecer as proporções em que duas farinhas devem ser misturadas para se obter uma mescla de determinado Falling Number (GRANOTEC DO BRASIL, 2000).

2.3 Influência da farinha de cevada no pão

A principal influência da farinha de cevada sobre o pão é que produz uma massa que requer uma maior quantidade de água e ao mesmo tempo uma menor capacidade de fermentação. O pão elaborado com uma mistura de farinhas de trigo e cevada caracteriza-se ainda por produzir uma massa de coloração mais escura (QUAGLIA, 1991).

Segundo estudo de Newman et al. (1998), o pão branco e outros produtos de panificação enriquecidos com beta-glucanas poderiam ser usados como alimentos funcionais. Entretanto a adição de materiais fibrosos à farinha de trigo leva à diluição do glúten da proteína de trigo, causando enfraquecimento da estrutura celular (POMERANZ, 1987). Além disso, materiais fibrosos, especialmente as frações insolúveis tendem a decompor a rede de glúten durante a mistura o que não apenas prejudica a retenção de gás da massa, mas também altera a textura e a aparência dos produtos de panificação. Em alguns casos, a fibra confere cor e *flavor* indesejáveis (PRENTICE, 1977).

A incorporação de beta-glucanas na forma de farinhas ou de extratos nativos do cereal em pães pode, frequentemente, resultar em mudanças físico-químicas indesejáveis, incluindo redução da extensibilidade da massa de pão, reduções na altura do pão e no volume e em mudanças na estrutura do miolo, que finalmente pode resultar

em menor aceitação por parte do consumidor. É provável que esta perda da qualidade da massa e do pão esteja em parte relacionada à capacidade e viscosidade das ligações aquosas aumentadas das beta-glucanas. Limitar as alterações negativas na qualidade do pão, pode ser conseguida pela incorporação de extratos de beta-glucanas de peso molecular reduzidos ou mais baixos.

Segundo Gujral et al. (2003), a incorporação de farinha de cevada no pão tende a diminuir o seu volume e coesividade e aumentar a firmeza do miolo. Entretanto, segundo Bhatti (1986), uma pequena quantidade de cevada pode ser adicionada à farinha de trigo sem afetar o volume e a aparência do pão e o nível poderia ser aumentado para 20% aumentando a concentração de sal na fórmula.

2.4 Pão

O pão faz parte da alimentação humana desde a pré-história, sendo um dos alimentos mais antigos de que se tem notícia. Além disso, é também um dos mais populares alimentos consumidos no mundo. Ele é resultado de uma massa feita com farinha de cereais, água e sal.

Em relação ao consumo de pão, cada brasileiro consome, em média, por ano, 26 kg do produto. Entretanto, existem grandes diferenças regionais. Enquanto algumas regiões no leste e no sul do país consomem cerca de 35 kg de pão por ano, no norte e no nordeste esta média cai para 10 kg/ano (BATTOCHIO et al., 2006).

O pão é fonte essencial de cereais e de carboidratos, sendo, portanto, elemento fornecedor de energia de rápida metabolização. A evolução tecnológica do pão deve-se fundamentalmente ao seu grande consumo. Por fazer parte da dieta habitual da população, o desenvolvimento de novos produtos de panificação com características especiais pode ser bem aceito pelo consumidor. Enquanto este produto é pobre em gordura e boa fonte de carboidratos, ele geralmente não é boa fonte de fibra alimentar e, em particular, fibra solúvel. Com seus baixos índices de fibra, o pão é considerado um alimento de alto índice glicêmico (JENKINS et al., 1985; KNUCKLES et al., 1997; CAVALLERO et al., 2002).

Diversos trabalhos examinaram como a resposta glicêmica do pão é afetada pela inclusão de fibra e foram relatados efeitos variáveis na taxa de liberação do açúcar (BHATTY, 1986). Entretanto, em estudos mais recentes, uma forte correlação entre a adição de fibra alimentar solúvel no pão e a melhora do controle glicêmico foi encontrada. Pick et al. (1998) e Cavallero et al. (2002) encontraram que os pães ricos em beta-glucanas da cevada provocam uma resposta glicêmica mais baixa, comparada com o pão branco de trigo de referência.

2.4.1 Ingredientes da massa

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

O pão é composto basicamente por: farinha de trigo, água, fermento biológico e sal (cloreto de sódio). Entretanto, outros componentes são adicionados em pequena quantidade para melhorar as características da massa durante o processamento e do produto final. Estes componentes são: gorduras vegetais, açúcares, emulsificantes, agentes oxidantes e enzimas.

2.4.1.1 Farinha de trigo

A farinha de trigo é o ingrediente principal na fabricação da maioria dos pães e massas em geral. Sua composição se altera de acordo com a variedade do trigo e o seu grau de extração. Os lipídios respondem por menos de 2% e as cinzas por menos de 0,5% da sua composição (FERREIRA et al., 2002)

As proteínas correspondem a aproximadamente 12% da composição da farinha de trigo, dividindo-se em proteínas solúveis (albumina e globulina), responsáveis por um sexto do total, e o restante refere-se às proteínas formadoras do glúten (gliadina e glutenina) que possuem as propriedades de panificação da farinha. A glutenina é responsável pela característica de extensibilidade e a gliadina pela coesão e elasticidade da massa (HOSENEY, 1991). Em presença de água e mediante o trabalho mecânico ou manual, as proteínas se alinham e formam uma rede tridimensional que será responsável pela estruturação do pão e pela retenção do gás produzido pela levedura (EL-DASH, 1990).

O glúten é encontrado em vários cereais, porém apenas o trigo apresenta quantidade e qualidade panificável. Normalmente as farinhas de trigo apresentam teores de glúten entre 6,5 e 14% (GERMANI, 2003).

A elasticidade e extensibilidade inerentes ao glúten são características oriundas dos aminoácidos que compõem suas proteínas formadoras. Aminoácidos sulfurados como cistina e cisteína participantes das cadeias de gliadina e glutenina determinam suas propriedades viscoelásticas. O produto da elasticidade pela extensibilidade caracteriza o potencial de força do glúten. Tanto a elasticidade quanto a extensibilidade podem ser facilmente observadas no glúten ou em uma massa obtida de uma farinha de trigo através da análise do seu filme (GERMANI, 2003). A relação entre estas duas forças é que determina a melhor utilização do trigo e de suas farinhas.

Na Figura 3, observa-se a formação da rede protéica e as alterações que ocorrem na estrutura destas proteínas durante a formação da rede de glúten.

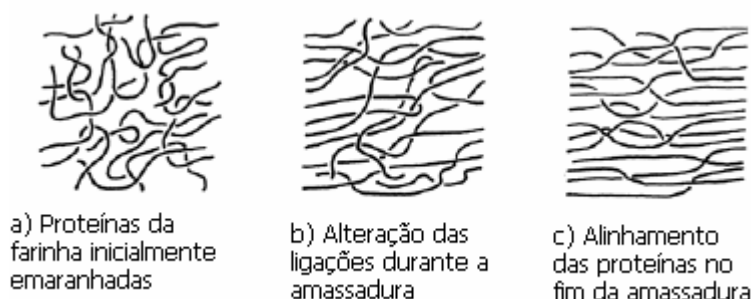


Figura 3. Formação da rede protéica (QUAGLIA, 1991).

As propriedades desta estrutura do glúten durante a fermentação e cozimento influenciam as propriedades do produto final. Ela deve ter, por exemplo, extensibilidade suficiente para se expandir sob a influência do dióxido de carbono formado durante a fermentação, dando volume ao pão, mas também o grau ótimo de resistência à extensão para poder reter sua forma. A resistência à extensão muito pequena resulta numa massa que não retém o CO₂ e o volume, enquanto que o excesso resulta num volume muito ruim porque a pressão do dióxido de carbono torna-se insuficiente para expandir a massa a um volume ótimo (EL-DASH et al., 1982).

A mistura da farinha, fermento, sal e água junto a outros ingredientes do pão, forma um sistema complexo coloidal conhecido como massa. As proteínas do glúten da farinha hidratam-se na presença da água e entumescem formando uma malha, por meio da formação de novas ligações (a energia necessária é suprida pela mistura) que contituem uma estrutura esponjosa que retém os grânulos de amido (EL-DASH, 1990).

A capacidade de hidratação do amido é dependente da temperatura, pois em água fria o grânulo absorve somente 30% do seu peso em água, devido à sua estrutura cristalina. Quando a temperatura aumenta e atinge um determinado intervalo, chamado de temperatura de gelatinização, o grânulo começa a intumescer e formar soluções viscosas, devido aos grupos hidroxila expostos e também pelo rompimento das pontes de hidrogênio mais fracas entre as cadeias de amilose e amilopectina (QUEJI et al., 2006).

Na panificação, durante as etapas de cocção do pão, ocorre exatamente este procedimento, ou seja, à medida que a temperatura aumenta o amido adquire solubilidade e aumenta a viscosidade da massa (AQUARONE et al., 2001).

O amido é o principal carboidrato da farinha de trigo, sendo responsável por aproximadamente 65% de sua composição. O amido apresenta-se sob a forma de grânulos e seu tamanho e formato são característicos de sua origem botânica. É composto por dois polímeros: amilose (23%), de cadeia linear, e amilopectina (73%), de cadeia ramificada, que somente podem ser evidenciados após a solubilização e separação dos grânulos (CICHELLO; PAVANELLI, 1996). As propriedades mais importantes com influência no seu valor nutricional incluem a taxa e a extensão da digestão ao longo do trato gastrointestinal e o metabolismo dos monômeros absorvidos.

Alguns aspectos físico-químicos do amido podem afetar a sua digestibilidade em um alimento. De um modo geral, os principais fatores que podem interferir no aproveitamento deste polissacarídeo incluem: a relação amilose/amilopectina, o grau de

crystalinidade, a forma física e o tipo de processamento do amido, assim como interações ocorridas entre esta substância e outros constituintes do alimento (LOBO; SILVA, 2003).

O endurecimento do miolo do pão durante o armazenamento é um fenômeno comum que ocorre devido, principalmente, à recristalização e retrogradação do amido. O amido sofre dois importantes fenômenos influenciados pela temperatura, na presença de água: a gelatinização e a retrogradação. A retrogradação está associada diretamente com o processo de envelhecimento dos pães. Devido a sua estrutura ramificada, a retrogradação da amilopectina se desenvolve lentamente a partir do 1º dia após o resfriamento do pão. A diferença no tempo de ocorrência da retrogradação da amilose e da amilopectina é importante, visto que o endurecimento do miolo que ocorre na armazenagem é devido, em sua maior parte, à lenta recristalização da amilopectina.

O amido é classificado em função da sua estrutura físico-química e da sua suscetibilidade à hidrólise enzimática. Segundo Englyst et al. (1992), de acordo com a velocidade com a qual o alimento é digerido *in vitro*, o amido divide-se em: rapidamente digerível, quando, ao ser submetido à incubação com amilase pancreática e amiloglicosidase em temperatura de 37°C, converte-se em glicose em 20 minutos; lentamente digerível, se, nas condições anteriores, é convertido em glicose em 120 minutos; e amido resistente (AR), que resiste à ação das enzimas digestivas.

Estudos *in vitro* e *in vivo* têm mostrado que a forma física do alimento é o fator determinante da velocidade de digestão do amido. Com o processamento, os alimentos sofrem modificações em sua estrutura física, tornando o amido mais acessível à ação das enzimas digestivas. Além disso, a extensão da mastigação dos alimentos também pode interferir na disponibilidade do amido. Nutricionalmente, o amido pode ser classificado como glicêmico ou resistente, sendo que o primeiro é degradado em glicose por enzimas do trato digestivo.

Os demais polissacarídeos presentes na farinha são a pentosanas, que representam de 2 a 2,5% da farinha (FONSECA, 2006).

2.4.1.2 Água

A água é também um ingrediente imprescindível na formação da massa. Ela hidrata as proteínas da farinha de trigo tornando possível a formação da rede de glúten. A água atua também como solvente e plastificante e permite que, durante o processo de cozimento do pão, ocorra o fenômeno de gelatinização do amido (PAVANELLI, 2000).

A água é absorvida por proteínas, grânulos de amido íntegros e danificados e pentosanas presentes na farinha. Sua quantidade é determinada por absorção, através do farinograma, método 54-21 AACC (1995).

Entre as diversas funções que a água desempenha no processo de panificação, podem-se citar ainda: hidrata os amidos tornando-os digestíveis, determina a consistência final da massa, conduz e controla a temperatura da massa, torna possíveis as ações das enzimas, permite a ação do fermento, evita a formação da crosta na massa, possibilita maior desenvolvimento dos pães no forno, é indispensável pela higiene do ambiente de trabalho e, finalmente, representa fator predominante de lucro.

A quantidade de água absorvida depende da qualidade da farinha de trigo. Uma farinha de boa qualidade garante boa absorção de água e retenção da umidade durante o processamento da massa. Melhores resultados de volume são obtidos quando o nível de água absorvido é o maior possível antes da massa se tornar pegajosa, porém o volume não depende apenas da absorção de água, mas também do tempo de batimento (LAAKSONEN, 2001).

As farinhas que requerem elevados níveis de absorção para produzir massas de determinada consistência são desejáveis para a elaboração do pão. A quantidade de massa produzida a partir de uma quantidade fixa de farinha aumenta com um aumento no conteúdo de água ou sua absorção. Este é um fator importante do ponto de vista econômico, porque a água é um dos ingredientes mais baratos do processo.

2.4.1.3 Fermento

Quando se fala de fermento biológico, refere-se a uma levedura selecionada, denominada *Saccharomices cerevisiae*. O papel principal do fermento é fazer a

conversão de açúcares fermentáveis presentes na massa a gás carbônico e etanol. Além de produzir CO₂, que é o gás responsável pelo crescimento do pão, o fermento também exerce influência sobre as propriedades reológicas da massa, tornando-a mais elástica e porosa (NUNES et al., 2006).

2.4.1.4 Sal

O sal é indispensável em qualquer formulação de pão. O sal exerce algumas funções, tais como: controlar a fermentação, fortificar o glúten das farinhas já que a gliadina, um de seus componentes, tem maior solubilidade na água com sal, o que proporciona uma maior formação do glúten, ação bactericida, é decisivo na hidratação das massas, atua como realçador de sabores e clareia o miolo do pão.

Além disso, por ser altamente higroscópico, a presença de sal na massa faz com que a água saia do interior da célula de fermento e passe para a massa, diminuindo sua capacidade de produzir gás, auxiliando, dessa forma, no controle da fermentação.

O sal tem efeito sobre o volume do pão, aumentando a extensibilidade da rede de glúten, e sobre a estrutura do miolo, tornando-a mais fina e homogênea (PAVANELLI, 2000).

2.4.2 Matérias-Primas Complementares

De maneira geral, os ingredientes complementares melhoram aspectos de maciez e textura dos produtos, aumentam a vida-de-prateleira, alteram o sabor e o valor nutricional.

2.4.2.1 Açúcar

O açúcar é substrato para a fermentação e para as reações com aminoácidos (reação de Maillard) e de caramelização, responsáveis pela coloração e sabor característicos no final do assamento.

A levedura do fermento se alimenta dos açúcares da massa, liberando a esta o gás carbônico responsável pelo crescimento dos pães, além de álcool e compostos aromáticos (NUNES et al., 2006).

Por ser higroscópico, o açúcar retém umidade na massa de pão, aumentando assim, a maciez do miolo e melhorando suas características de conservação pelo retardamento do processo de endurecimento do pão. Ele ainda age como melhorador nutritivo e de sabor, devido ao grande desenvolvimento dos ácidos voláteis e aldeídos.

2.4.2.2 Gordura

As gorduras exercem nas massas uma ação que não é química, mas física: as gorduras exibem a capacidade de se posicionarem entre camadas de glúten, facilitando o deslizamento entre essas camadas, o que resulta em maior extensibilidade das massas. Em virtude desta ação, as gorduras proporcionam pães com maiores volumes em relação a pães produzidos sem gordura (PAVANELLI, 2000).

Em produtos de panificação, as gorduras auxiliam na incorporação e retenção dos gases produzidos durante a fermentação, além de contribuir para a maciez e para aumentar a vida de prateleira de pães, por retardar a retrogradação do amido (EL-DASH, 1978).

Em massas para pão, é usada na concentração média de 3% sobre a farinha (PYLER, 1988). Porém, quantidades excessivas de gordura são prejudiciais, pois dificultam a hidratação e o desenvolvimento do glúten (GERMANI, 2003).

2.4.2.3 Melhoradores de farinha

Os agentes antioxidantes atuam diretamente sobre a estrutura das proteínas do glúten, reforçando a rede de glúten através da formação de ligações dissulfídicas. Estas ligações formadas afetam a reologia da massa, aumentando a resistência à extensão e diminuindo a extensibilidade. Como consequência direta da ação reforçadora dos oxidantes sobre o glúten, a capacidade de retenção de gases é aumentada, o que resulta em pães com maior volume. Os agentes oxidantes também aumentam o “oven-rise”, ou salto de forno, que é o aumento rápido de volume que ocorre nos primeiros minutos após a massa entrar no forno (PAVANELLI, 2000).

Os emulsificantes atuam sobre os componentes do amido, amilose e amilopectina, complexando-os e diminuindo a taxa de retrogradação do amido, o que se traduz em maior vida de prateleira do produto panificado; interagem com o glúten, reforçando-o e proporcionando a obtenção de pães com maiores volumes finais e melhor estrutura; influência benéfica sobre a crosta e a crocância dos pães.

O reforçador de glúten é um produto recente na moderna panificação, composto por sais minerais naturais, que tem como objetivo principal, reforçar as fibras do glúten, permitindo fixação após a sua expansão (QUAGLIA, 1991). Os sais também ajudam a manter a ação dos fermentos, pois simultaneamente ao fortalecimento do glúten atuam como alimento dos fermentos. Alguns reforçadores contêm α -amilases que vão atuar indiretamente auxiliando a fermentação devido a formação de açúcares na massa, favorecendo, dessa forma, o volume do pão resultante.

2.4.2.4 Enzimas

As enzimas mais comumente utilizadas em panificação são as amilases. Além destas, recentemente vem sendo introduzidas novas enzimas na tecnologia de panificação, dentre as quais podemos destacar as hemicelulases, as amiloglucosidases, as lipoxidases, etc. Cada uma destas enzimas exerce funções específicas, contribuindo para melhorar tanto a massa como os produtos finais (NUNES et al., 2006).

2.5 Processamento

As etapas do processamento do pão incluem: pesagem dos ingredientes, mistura, amassamento, cilindragem, modelagem, descanso, fermentação, forneamento, resfriamento, desenformagem e embalagem.

O pão com boas características de qualidade requer desempenho adequado em relação ao desenvolvimento da massa. Este envolve os seguintes fatores: concentração de gás, elasticidade e resistência da massa, e, capacidade de retenção de gás. O desenvolvimento e aspecto do pão dependem da qualidade e da quantidade dos ingredientes da massa e do emprego de boa tecnologia (HOSENEY, 1991).

A produção de gás é devida à atividade de certas enzimas presentes no fermento, na farinha e aos demais aditivos os quais juntos produzem CO₂ (FERNANDES, 2006). O processo começa imediatamente após a mistura da massa e continua até a inativação das enzimas a altas temperaturas no cozimento do pão.

O glúten começa a ser desenvolvido durante a mistura e continua o seu desenvolvimento devido aos fenômenos naturais que acontecem durante a fermentação. As enzimas proteolíticas contidas na farinha e no fermento, além dos melhoradores da massa, ajudam no condicionamento do glúten durante a fermentação (PAVANELLI, 2000).

A capacidade de reter gás depende do desenvolvimento apropriado do glúten durante a fermentação, ajudado em alguns processos pelos oxidantes químicos, nutrientes de fermento e também pela oxidação natural que acontece durante a fermentação.

A mistura da massa tem como finalidade a homogeneização dos ingredientes, o desenvolvimento da massa e a oclusão de gás. A homogeneização consiste na mistura de todos os ingredientes para formar a massa (HOSENEY, 1991). No desenvolvimento, a massa retém o CO₂ produzido pelas leveduras durante a fermentação. No primeiro estágio de cozimento, a massa se expande pela evaporação de CO₂, água e etanol com a elevação da temperatura. Em temperaturas superiores a 60°C ocorre a gelatinização do amido, que aumenta marcadamente a viscosidade da massa (BLOKSMA, 1990).

Com a mistura, as proteínas envolvem os grânulos de amido e formam, em torno deles, uma rede glutinosa que, que sob o efeito da ação mecânica do amassamento, experimenta um desenvolvimento progressivo, que leva à formação de filmes protéicos

cada vez mais finos e contínuos. É desse modo que, a ação puramente mecânica do amassamento, se junta a uma ação físico-química que resulta da oxidação da massa, em consequência do aumento da velocidade e da duração do trabalho de mistura sobre a mesma.

Durante o amassamento, o ar é incorporado à massa em grandes quantidades, formando pequenas bolhas na massa. Quanto maior for o número de bolhas de ar formadas nesta etapa e mais uniformes e igualmente distribuídas forem, mais fina e uniforme será a estrutura do miolo do pão.

Além disso, a contínua exposição da massa ao ar realizada pelo amassamento proporciona a oxidação de pigmentos carotenóides naturais da farinha e fornece oxigênio para a oxidação dos grupamentos sulfidrila das proteínas do glúten. Esses dois efeitos proporcionarão o branqueamento da massa e o fortalecimento da rede de glúten (QUAGLIA, 1991).

2.6 Pão de forma

A classificação “pão de forma” é dada ao produto obtido pela cocção da massa em formas, apresentando miolo elástico e homogêneo, com poros finos e casca fina e macia. De uma forma geral, o pão de forma possui algumas características importantes que o identificam. Com relação a sua aparência, o pão de forma possui uma textura macia e suave ao toque e um miolo claro e de estrutura homogênea (PAVANELLI, 2000). Em geral, é utilizado para sanduíches com recheios ou produtos cremosos, podendo, em função disto, ser vendido previamente fatiado. Portanto, outra característica importante de sua qualidade é a necessidade de uma estrutura elástica à dobra e com uma resistência que permita o seu corte sem alterar a sua estrutura. Por fim, é imprescindível que o pão mantenha as suas características de qualidade como maciez, estrutura, sabor e aceitabilidade microbiológica durante o período de estocagem.

A formulação típica do pão de forma é extremamente rica, constituída por ingredientes básicos como a farinha de trigo e o sal, e muitos ingredientes complementares que, juntamente com a técnica de preparo, caracterizam o produto final (PAVANELLI, 2000).

O pão de forma, atualmente, ocupa a terceira posição na preferência do consumidor, e encontra-se em ascensão, pois se tem registrado um aumento na ordem de 6%. Dentro desta categoria, o pão branco é o mais consumido, liderando com mais de 84% do valor total faturado, enquanto os integrais, representando 16%, vêm crescendo lenta e gradualmente; e são estes que tem apresentado crescimento mais elevado em face aos anos anteriores (ABIP, 2007). Isso se deve em parte à crescente conscientização por parte dos consumidores dos benefícios à saúde de uma dieta saudável e rica em fibras.

Um pão de forma de boa qualidade deve ter um miolo fino, com células uniformes, macio e elástico, sem que tenha o aspecto de algodão. A modelagem tem uma influência muito grande sobre a estrutura do miolo, sobre seu aspecto, a sua finura e, de uma forma não desprezível, sobre a sensação quando da mastigação do pão e o sabor (ROMANO, 1990).

Os pães de massa branca, como o pão de forma, por exemplo, podem ser consumidos, desde que em quantidades corretas, por praticamente todas as pessoas, exceto os portadores de doença celíaca. Além disso, é rico em sódio, cálcio, fósforo e potássio. Entretanto, uma desvantagem do pão elaborado com 100% de farinha de trigo é o elevado índice glicêmico atribuído a estes produtos (KNUCKLES et al., 1997; CAVALLERO et al., 2002).

No processo de panificação, a presença do farelo e o germe deterioram as propriedades reológicas da massa, abaixam o volume do pão, aumentam a firmeza do miolo, tornam a aparência do miolo mais escura e conferem perfis diferentes ao sabor dos pães elaborados com os grãos inteiros daqueles produzidos a partir da farinha branca (WANG, et al., 2002).

Efeitos vantajosos dos alimentos de lenta digestão, como pães integrais, registrados em indivíduos não diabéticos, incluem uma duração prolongada da saciedade e resistência física durante o desempenho atlético.

Assim, considerando este consumo elevado do pão branco, a inclusão de pães de baixo índice glicêmico como parte da dieta produzirá uma resposta glicêmica mais baixa que pode ser uma importante intervenção na prevenção e no controle do diabetes e de outras doenças crônicas.

2.7 Avaliação da qualidade dos pães

De uma maneira geral, se reconhece a qualidade de um pão quando este apresenta boa aparência e gosto agradável. Essa avaliação, no entanto, é subjetiva, estando condicionada ao julgamento de cada pessoa. Para fins de pesquisa, faz-se necessário um julgamento mais detalhado e imparcial, no qual se observam as principais características dos pães produzidos (EL-DASH et al., 1982).

A qualidade do pão de forma pode ser avaliada mediante análises físicas, físico-químicas, macroscópicas, microscópicas, microbiológicas e sensoriais. O pão de forma de boa qualidade apresenta miolo consistente, cavidades irregulares, textura macia e aveludada, sedosa e elástica (ANVISA, 2000).

2.7.1 Parâmetros de qualidade dos pães

Para avaliar a qualidade do pão vem sendo utilizado o sistema de pontuação global que foi empregado por El-Dash (1978) e depois por vários pesquisadores (ELIÁS; CONDÉ, 1985; GUTKOSKI et al., 1997). Para cada um dos atributos avaliados (volume, cor da crosta, quebra, simetria, características da crosta, estrutura das células do miolo, cor do miolo, textura do miolo, sabor e aroma) é atribuída uma nota, que depois de somadas fornecem a classificação do produto (Tabela 1) (DUTCOSKI, 1996; GUTKOSKI et al., 1997). No ramo de panificação, esta metodologia tem sido empregada para avaliar as características do pão servindo como parâmetro para a tomada de decisões corretivas em relação a defeitos apresentados no produto acabado (MOINHO RIO NEGRO, 1997).

Utilizando a classificação para qualidade dos pães (Tabela 2) adotada por Camargo e Camargo (1987), foi atribuído um conceito a cada um dos tratamentos dos pães de acordo com suas respectivas notas totais.

Tabela 1 - Classificação de qualidade do pão.

<i>Total de pontos</i>	<i>Qualidade do pão</i>
>90	Muito boa
80-90	Boa
70-80	Regular
<70	Sofrível

Fonte: Camargo e Camargo (1987).

Segundo El-Dash et al. (1982), a qualidade do pão é normalmente avaliada levando-se em consideração as características externas e internas, o aroma e o sabor.

2.7.1.1 Características externas

Entre as características externas do pão, usualmente avaliadas, destacam-se: volume, cor da crosta, quebra, simetria e características da crosta.

a) Volume

Define-se volume como o espaço ocupado por uma peça de pão (GRANOTEC DO BRASIL, 2000). O volume é expresso em cm^3 , e é geralmente determinado pelo método de deslocamento de sementes: o volume de sementes deslocado é diretamente proporcional ao volume do mesmo.

O volume do pão é um fator considerado importante no que se refere à aceitabilidade dos consumidores. Sua importância está relacionada à qualidade do produto, uma vez que é afetado por vários fatores ligados à qualidade dos ingredientes usados na formulação da massa, especialmente a farinha e os tratamentos usados durante o processamento. Um volume excessivamente grande não seria um fator negativo nessa avaliação, mas, usualmente, corresponde a um pão de textura fraca e uma granulidade grosseira, características que não são aceitáveis num pão de boa qualidade (EL-DASH et al., 1982). Um volume muito pequeno pode dever-se a um

glúten fraco ou fermentação imprópria, não ocorrendo um adequado desenvolvimento da rede de glúten.

b) Cor da crosta

A cor da crosta é uma característica de qualidade que interfere na aceitabilidade dos pães e está diretamente relacionada com a quantidade de açúcar, enzimas e também pelas condições de processamento como o tempo de fermentação e o tempo e a temperatura de cozimento. A cor da crosta é resultado da reação não-enzimática entre os açúcares redutores e os grupos amino primários durante o cozimento, e é induzida pela presença de íons de hidrogênio durante o processo de fermentação (EL-DASH, 1990). A crosta deve ser dourada, brilhante e o mais homogênea possível. O ideal é uma coloração dourada intensa na parte superior e dourada pálida nas laterais. A cor da crosta é dependente da temperatura na qual o pão foi submetido durante o assamento e da quantidade de açúcar residual da massa após o cozimento.

Temperaturas muito altas aliadas e elevados teores de açúcar proporcionam uma coloração escura ao produto. Enquanto que pães com coloração clara podem ser resultado de baixos níveis de açúcar residual devido à fermentação excessiva, falta de amilases ou até mesmo, quantidade insuficiente de açúcar na massa (CARVALHO, 1999). Normalmente, a cor da crosta oscila entre marrom intenso dourado no topo e marrom levemente dourado nas laterais (PYLER, 1988).

c) Quebra

Durante o cozimento no forno, os gases e o vapor de água desenvolvidos dentro da massa provocam crescimento repentino o que resulta na abertura das partes laterais da massa, chamada de quebra, que é desejável porque contribui para a aparência do pão.

Esta quebra ocorre durante os primeiros sete minutos no forno e consiste no momento em que o pão realmente alcança seu volume definitivo. Uma quebra pequena pode dever-se à fermentação imprópria ou insuficiente.

d) Simetria

A simetria do pão é um atributo de aparência e depende das técnicas empregadas no manuseio e na moldagem da massa, além das condições ideais de formulação e processamento. Se a massa for muito dura (baixo conteúdo de água), com mistura e fermentação inadequadas, atividade diastática insuficiente ou manuseio grosseiro,

provavelmente terá as laterais encolhidas e as extremidades pequenas. Defeitos de simetria incluem dimensões muito largas, muito estreitas ou achatadas, que podem ser um indicativo de glúten fraco.

e) Características da crosta

O aspecto da camada da crosta é importante para a qualidade do pão. A crosta ideal deve ser fina e não dura ou borrachenta. A presença de bolhas ou crosta grossa ou dura evidenciam problemas que podem estar relacionados com a farinha empregada, quantidade de açúcar, tempo e umidade da fermentação, umidade, tempo e temperatura do forno, entre outros (FERNANDES, 2006).

Uma crosta grossa é atribuída a quantidades insuficientes de açúcar ou enzimas amilases, baixa umidade durante a fermentação e baixa temperatura do forno. Pouca gordura pode ser a causa de uma crosta dura, borrachenta (EL-DASH et al., 1982).

2.7.1.2 Características internas

A análise das características internas dos pães complementa a avaliação da qualidade. Vários são os atributos que a compõem como cor do miolo, estrutura da célula do miolo e textura ou maciez.

a) Cor do miolo

Segundo El-Dash et al. (1982), um miolo macio, branco e sem estrias ou manchas é considerado ideal. No caso do pão integral, espera-se que o miolo tenha tom amarronzado.

A cor do miolo depende principalmente da cor natural do endosperma do grão e das partículas de farelo presentes na farinha. Ela é influenciada pelo grau de extração e tipo de farinha empregado e pela granulosidade do miolo (ROMANO, 1990). A incorporação de farelo à farinha interfere negativamente na cor do miolo. Uma farinha de extração mais alta tem uma cor mais escura devido à presença de partículas da casca; também, quanto mais fina for a granulosidade, mais brilhante será a cor.

O tempo e a temperatura de fermentação, quando excessivamente elevados, também afetarão a cor. A mistura e o tempo de descanso possuem certa influência, já que estes fatores afetam a granulabilidade.

A cor do miolo é influenciada pela fineza e uniformidade das células do miolo. Células mais finas resultarão em miolo mais claro, podendo ser detectado pelo olho humano (PYLER, 1988).

b) Estrutura da célula do miolo

A qualidade da farinha e a fermentação são os fatores mais importantes que afetam a estrutura da célula do miolo. Isso inclui o tamanho, a forma e a natureza da parede da célula do miolo.

O miolo do pão pode ter granulabilidade aberta, fechada ou uma combinação delas. A granulabilidade é a estrutura que as células do pão apresentam após o corte em fatias. Uma granulabilidade aberta caracteriza-se por células grandes e a granulabilidade fechada por células pequenas. As células podem ser redondas ou alongadas. Em geral, para pães procura-se a granulabilidade mais uniforme possível com células ligeiramente alongadas.

As paredes grossas são características das células de granulabilidade fina, enquanto que a célula de parede fina é encontrada em granulabilidade grosseira e aberta. As células abertas de parede fina indicam um glúten fraco ou não desenvolvido, enquanto que buracos podem ser devido à fermentação e à moldagem inadequadas ou ao fermento de baixa qualidade ou contaminado (NUNES et al., 2006).

c) Textura do miolo

A textura do miolo é medida pelo grau de elasticidade e suavidade do miolo do pão. Está diretamente relacionada com a granulabilidade: quanto mais fina a estrutura das células, mais suave e elástica será a textura (ROMANO, 1990).

2.7.1.3 Aroma e sabor

O aroma é a característica de qualidade percebida pelo olfato e constitui um importante componente do “flavor” do pão. O pão deve possuir aroma delicado e típico

dos produtos, isento de odores estranhos tais como ranço, azedo, mofo e outros, apresentando gosto levemente doce e ácido, sem sabores remanescentes ou estranhos (ANVISA, 2005). Sal em quantidade insuficiente pode tornar o pão muito insípido, enquanto que o excesso de fermentação tende a conferir um sabor ácido.

O sabor é o maior componente do *flavor* do pão e desempenha papel determinante na preferência dos consumidores (PYLER, 1988). O pão tem um ligeiro gosto doce-acidulado (ROMANO, 1990).

3 ARTIGOS CIENTÍFICOS

ARTIGO 1

Caracterização e potencial reológico de farinhas de cevada e mistas

Characterization and rheological potential of barley and mixed flours

RESUMO

Os custos com a importação do trigo e os benefícios à saúde atribuídos à cevada, devido, principalmente, aos seus elevados teores de fibras, justificam sua adição à farinha de trigo, na elaboração de farinhas mistas. As farinhas de cevada (FC) e de cevada integral (FCI) foram adicionadas à farinha de trigo (FT) e farinha de trigo integral (FTI), respectivamente, nas proporções de 0, 10, 20, 30 e 40% de substituição cada, resultando nas farinhas mistas FM1, FM2, FM3, FM4, FM5, FM6, FM7 e FM8. Objetivou-se caracterizar estas farinhas quanto à composição química e análises reológicas, incluindo, farinografia, alveografia, falling number, glúten úmido e seco, viscosidade, cor e granulometria. Os resultados mostraram que os nutrientes foram mantidos e um aumento no teor de fibras e capacidade de absorção de água na massa foi observado com a inclusão de cevada nas misturas. A adição de crescentes níveis de FC e FCI resultou em alterações na reologia, promovendo enfraquecimento da rede de glúten e da tolerância da mistura.

Palavras-chave: farinha de cevada, fibra alimentar, farinhas mistas, composição química, reologia.

ABSTRACT

The costs with the wheat import and the benefits to health attributed to barley, mostly, due the high fibers contents, justify their addiction to the weath flour, in the elaboration of mixes flours. The barley flour (BF) and whole barley flour (WBF) were added to wheat flour and whole weath flour on 0, 10, 20, 30 e 40% the substitution which, resulting on mixes flours FM1, FM2, FM3, FM4, FM5, FM6, FM7 e FM8. The aim of this work were characterizer this flours about chemical composition and rheological analyses, including, farinography, alveography, falling number, wet and dry gluten, viscosity, color e size. The results shoulded the nutrients were kept and the level of fiber and capacity of absorption of water were increased with the inclusion of barley. The addiction of BF and WBF results in alterations on dough rheology, promoting the attenuation of gluten and the tolerance mix.

Keywords: barley flour, dietary fiber, mixed flours, chemical composition, rheology.

INTRODUÇÃO

Estudos recentes têm mostrado que grãos de cevada, além de apresentarem os mesmos nutrientes de outros cereais, são fontes ricas de fibra alimentar, tanto insolúvel quanto solúvel, além de possuírem antioxidantes, vitaminas e minerais (MALCOLMSON et al., 2005). Essas características da cevada, somadas à dependência da importação de trigo, estimulam o interesse de pesquisadores e da indústria alimentícia a respeito da utilização deste cereal na alimentação humana, principalmente em produtos de panificação, onde o trigo é o cereal de escolha. Neste contexto, a cevada, tradicionalmente, não sofre o processo de moagem e o uso de farinha de cevada em alimentos não possui critérios de qualidade bem estabelecidos (BAIK ; ULLRICH, 2008).

A qualidade de grãos e suas farinhas são determinadas por várias características que assumem diferentes significados dependendo da designação de uso ou tipo de produto (GUTKOSKI et al., 2003). Pode-se definir a qualidade de uma farinha como sua capacidade de gerar um produto final com excelentes características organolépticas, como sabor e odor, ter considerável valor nutritivo e possuir custo competitivo no mercado (SCHROEDER, 1987). Segundo Germani (2003), uma farinha de boa qualidade deve ter coloração branco-creme, ser áspera ao tato e deve permitir alta absorção de líquidos.

A farinha do tipo branca ou refinada, resultante da moagem do grão de trigo com rendimento em torno de 72% de extração, são preferidas para panificação (MARQUES; ALBUQUERQUE, 1999). As farinhas integrais, produzidas pela moagem do grão inteiro, incluindo o farelo e o gérmen, são consideradas, do ponto de vista tecnológico, inferiores, pois possuem coloração mais escura e, além disso, as fibras enfraquecem a rede protéica da massa, fornecendo produtos finais, tais como o pão, mais densos (PEREIRA, 2002).

É possível fazer a substituição de parte da farinha de trigo, até um nível no qual o efeito sobre as características tecnológicas e sensoriais dos produtos não seja prejudicial. Além disso, quanto maior a quantidade de glúten, mais tolerante será esta farinha à inclusão de outra (BENASSI; WATANABE, 2001).

Os consumidores estão cada vez mais conscientes da ligação entre saúde e nutrição e exigentes em relação à qualidade dos produtos que estão consumindo. A

tendência atual é dar preferência à prevenção e não à cura de doenças, tornando a busca por novos ingredientes com características especiais uma tendência irreversível, no ramo alimentício. Soma-se a isso, o empenho da indústria alimentícia na procura por novas fontes nutracêuticas reforçando, dessa forma, a pesquisa de matérias-primas com capacidade de produzirem novos produtos com características desejáveis e de reforço à saúde.

Uma tendência recente é o aumento da porção fibra em produtos, baseando-se nas propriedades que as fibras desempenham na regulação do funcionamento do trato gastrointestinal, assim como no controle e/ou prevenção de algumas doenças (BEHALL et al., 2004). As fibras solúveis quando parcialmente fermentadas no intestino grosso, são efetivas em promover alterações benéficas sobre a microflora intestinal, em contraste com as fibras insolúveis que tem função de diminuir o tempo do trânsito intestinal e aumentar o volume do bolo fecal (CAVALLERO et al., 2002).

Uma alternativa para o enriquecimento de alimentos é o uso de farinhas mistas, provenientes da mistura de farinhas de diferentes espécies de vegetais. Com o crescente consumo de trigo e os altos custos de importação deste cereal, pesquisas vêm sendo desenvolvidas e apontam vários benefícios que seriam obtidos pela substituição da farinha de trigo. Neste contexto, a cevada, com seus elevados teores de fibra alimentar, incluindo fibra solúvel, surge como uma das espécies naturais que poderia ser incorporada nestes alimentos com a finalidade de enriquecê-los nutricionalmente (NEWMAN; NEWMAN, 2006; ARNDT, 2006). Uma vantagem da cevada, que difere de muitos grãos, é que a fibra está distribuída na semente inteira e não apenas na camada externa (YALÇIN et al., 2007). Assim, quando ocorre a remoção da casca ou o beneficiamento, apenas parte da fibra é perdida (OSCARSSON et al., 1996; XUE et al., 1997).

Para que seja possível a incorporação de cevada em alimentos para consumo humano, é necessário avaliar as características reológicas e de qualidade da farinha de cevada produzida.

Considerando-se que a qualidade da matéria-prima exerce interferência direta sobre características finais do produto elaborado, e visando a possibilidade de uso de grãos de cevada em produtos de panificação, objetivou-se avaliar, através de parâmetros físico-químicos e reológicos, o potencial tecnológico de farinhas de cevada, bem como de farinhas mistas elaboradas pela adição destas à farinha de trigo.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Núcleo Integrado de Desenvolvimento em Análises Laboratoriais (NIDAL) do Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos (DTCA) e Laboratório de Processos do Centro de Tecnologia, ambos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), sendo a moagem e análises de glúten e farinografia realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade do Moinho Ipiranga, em Santa Maria e as análises de falling number, alveografia e perfil de viscosidade realizadas no Laboratório de Cereais da Universidade de Passo Fundo (UPF).

Para a obtenção das farinhas de cevada, utilizaram-se grãos da cultivar BRS Lagoa, safra 2006, provenientes do Centro de Pesquisa da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS. As farinhas de trigo branca e integral foram adquiridas no comércio local. Neste trabalho as farinhas de trigo e de cevada com menor taxa de extração foram denominadas “brancas”, para que fossem diferenciadas das farinhas integrais.

As farinhas de cevada (brancas e integrais) foram obtidas de acordo com as instruções do manual do fabricante do moinho Chopin, modelo CD1 (CHOPIN, 1998). Antes da moagem, os grãos foram limpos e os materiais estranhos retirados através de aparelho separador de impurezas da marca Intecnial. Posteriormente, foram pesados individualmente, condicionados para 15% de umidade e moídos após 24 horas. O rendimento de extração de cada farinha foi determinado com base no peso total dos produtos obtidos, sendo expresso em porcentagem.

Para obtenção da farinha de cevada (FC) foram separados endosperma e gérmen do farelo e a farinha obtida apresentou taxa de extração de 68%, enquanto que a farinha de cevada integral (FCI), resultante da moagem de 100% do grão, resultou em um rendimento de extração de 96,75%.

Para obtenção das farinhas mistas, as farinhas de cevada branca e integral foram adicionadas à farinha de trigo (branca e integral, respectivamente) nas porcentagens de 0, 10, 20, 30 e 40% de substituição cada. Os tratamentos FM1, FM2, FM3 e FM4 (farinha de cevada) e FM5, FM6, FM7 e FM8 (farinha de cevada integral), correspondem a estas substituições.

As amostras das farinhas mistas foram moídas em micro-moinho a 27.000 rpm, a fim de se obter tamanho de partículas (<1mm) apropriadas. Logo após este

processamento, elas foram armazenadas em sacos plásticos, devidamente identificadas, sob congelamento (-18°C), até o momento das análises.

Para a caracterização química das farinhas foram realizadas as seguintes determinações: umidade (U) em estufa a 105°C/12h; cinzas (CZ) em mufla a 550°C/5h; proteína bruta (PB) pelo método convencional de Kjeldahl; extrato etéreo (EE) em aparelho Soxhlet com éter de petróleo; fibra total (FT) e insolúvel (FI) por método enzimático-gravimétrico de acordo com a AOAC (1995). O conteúdo de fibra solúvel (FS) foi obtido pela diferença entre fibra total e insolúvel. As enzimas utilizadas no método enzimático para fibra alimentar foram a α -amilase (Termamyl 120L), protease (Flavourzyme 500L) e amiloglicosidase (AMG 300L), produzidas pela Novozymes Latin American Limited, Araucária, PR, Brasil. Todas as determinações foram realizadas em triplicata e os valores finais ajustados para base seca. Calculou-se a fração de carboidratos não fibrosos (CNF) por diferença: $\%CNF = 100 - (\%PB + \%EE + \%Cz + \%FT)$.

Para a caracterização reológica, as farinhas foram submetidas às análises de teor de glúten úmido e seco: determinados em aparelho Glutomatic, de acordo com o método 38-12 da AACC (1995); atividade enzimática: determinada em aparelho Falling Number, marca Perten, através do método 56-81B da AACC (1995); absorção de água e propriedades de mistura (tempo de chegada, tempo de desenvolvimento, tempo de saída, estabilidade e índice de tolerância à mistura) foram avaliados em farinógrafo Brabender, segundo método 54-21 da AACC (1995). As características viscoelásticas das amostras de farinha de trigo foram determinadas em alveógrafo Chopin pelo método n° 54-30 da AACC (1995), com adaptações.

Os parâmetros utilizados para a análise dos alveogramas foram P ou tenacidade (mm), L ou elasticidade (mm) e W ou energia de deformação, que corresponde ao trabalho mecânico necessário para deformar a massa até a ruptura. Com a área da curva em centímetros quadrados multiplicada pela constante do aparelho obteve-se o valor de W, que é expresso em 10^{-4} J. Não foi possível utilizar a metodologia de análise para farinha de trigo com absorção constante da massa de 50% e farinha com 15% de umidade, pois havia a presença de farelo de cevada em porcentagens diferentes, o que implicava na alteração da absorção de cada uma das massas. Portanto, a absorção de água nas massas seguiu a metodologia usada por Fernandes (2006), onde se utilizou a absorção obtida por farinografia e os cálculos foram corrigidos para alveografia.

Para análise de granulometria das farinhas e misturas utilizou-se um conjunto de peneiras do aparelho agitador de marca Produtest. Foram pesadas 300g da amostra e colocadas na parte superior do conjunto de peneiras com: 100, 65, 60, 35, 28, 20 e 10 “mesh Tyler” (abertura de 150, 212, 250, 425, 600, 850 e 1700 μm , respectivamente) e a base. O tempo adotado para o teste foi de 10 minutos e a velocidade de agitação ajustada para máxima. As frações retidas em cada peneira foram pesadas, fornecendo as percentagens do produto em cada faixa de granulometria, conforme Ward et al. (1979).

Para análise de cor, a leitura foi realizada através do sistema CIELAB, em equipamento Colorímetro Minolta® CR310 (iluminante C (CIE), área de leitura de 50 mm, ângulo do observador de 0°), através dos parâmetros de cor L^* , a^* , b^* , onde L^* corresponde à luminosidade e a^* e b^* as coordenadas de cromaticidade em que os valores positivos de a^* estão relacionados à cor vermelha, valores negativos de a^* , à cor verde, valores positivos de b^* , à cor amarela e valores negativos de b^* , à cor azul.

O perfil de viscosidade e as propriedades de pasta foram determinados utilizando-se o Rapid Visco Analyser (RVA-3D+, Newport Scientific Pty. Ltda., Sidney, Austrália), com auxílio do programa Thermocline for Windows, segundo método descrito no manual do fabricante.

As medidas de RVA foram realizadas utilizando-se 3 g de farinha (em base seca) suspensa em 25 mL de água. As misturas foram agitadas a 960 rpm por 10 segundos, e a 160 rpm durante o restante do teste.

A seguir, na Tabela 1, é apresentado o programa de perfil de temperatura durante as análises no RVA, baseado em Ryu e Walker (1993).

Tabela 1 - Perfil utilizado para determinação dos parâmetros de viscosidade

<i>Tempo (min)</i>	<i>Variáveis (temperatura ou velocidade)</i>	<i>Valores ($^\circ\text{C}$ ou rpm)</i>
00:00:00	Temperatura	50
00:00:00	Velocidade	960
00:00:10	Velocidade	160
00:01:00	Temperatura	50
00:04:42	Temperatura	95
00:07:12	Temperatura	95
00:11:00	Temperatura	50
Tempo total de ensaio		13 minutos

Fonte: Newport Scientific (1995).

Os resultados das análises foram interpretados a partir dos gráficos fornecidos pelo programa do aparelho (Figura 1).

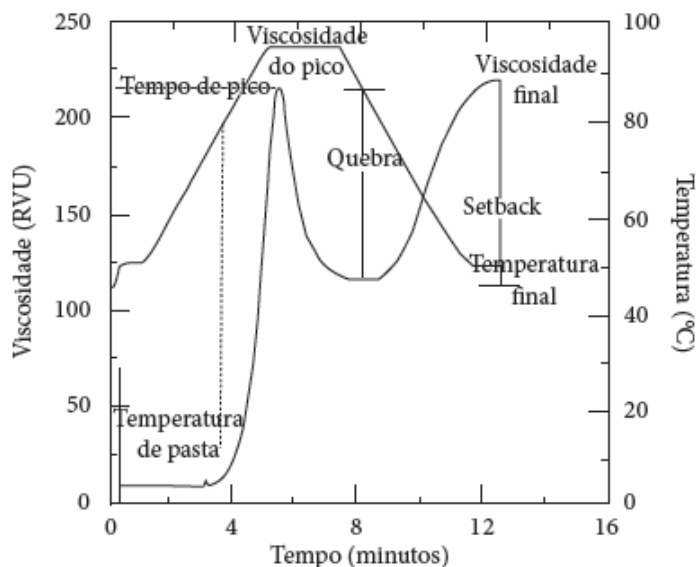


Figura 1 - Curva de viscosidade típica do RVA adaptado de Newport Scientific, 1995.

Para análise de perfil de viscosidade foram empregados os seguintes parâmetros: temperatura de pasta (temperatura na qual a viscosidade aumenta pelo menos 2 RVU durante um período de 20 segundos, quando utilizado o programa Standard 1, dado pelo fabricante); viscosidade máxima (representa a viscosidade máxima atingida no primeiro pico da curva, cP); viscosidade mínima a 95°C (é o menor valor de viscosidade obtido após a viscosidade máxima, cP); setback ou retrogradação (diferença entre as viscosidades final e mínima, estando ligado à retrogradação do amido, cP); quebra de viscosidade (diferença entre o valor das viscosidades máxima e mínima e está relacionada à resistência dos grânulos de amido ao cisalhamento, cP); viscosidade final (50°C) (é a viscosidade no final do teste, cP).

Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado com três repetições. A metodologia estatística incluiu análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, sendo o nível crítico de significância de 5%, e as análises foram efetuadas com auxílio do pacote estatístico SAS (SAS, 1985).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição centesimal das farinhas encontra-se na Tabela 2. Os teores de umidade das farinhas variaram de 14,74% (FTI) a 13,29% (FCI), porém, todas as amostras analisadas encontram-se de acordo com os padrões estabelecidos pela ANVISA (2005), que determina no máximo 15% de umidade para farinha de trigo.

Tabela 2 - Valores médios das porcentagens em base seca da composição centesimal das farinhas de trigo, cevada e mistas.

<i>Matérias-primas</i>	<i>U</i>	<i>CZ</i>	<i>EE</i>	<i>PB</i>	<i>FAT</i>	<i>FI</i>	<i>FS</i>	<i>CNF</i>
.....%MS.....								
FT	13,96 ^b	0,68 ⁱ	1,32 ^{b,c}	12,08 ^c	1,41 ^j	1,0 ⁱ	0,41 ⁱ	69,52 ^a
FC	13,42 ^{d,e,f}	1,47 ^d	0,73 ^{g,h}	11,81 ^e	13,16 ^b	8,25 ^b	4,91 ^b	59,37 ⁱ
FM1 (10% FC)	13,57 ^{c,d,e,f}	0,91 ^h	1,09 ^d	11,79 ^e	3,31 ^j	2,5 ^h	0,81 ^h	69,3 ^{a,b}
FM2 (20% FC)	13,59 ^{c,d}	0,98 ^g	0,83 ^{f,g}	11,64 ^{g,h}	3,45 ⁱ	2,78 ^g	0,67 ⁱ	69,49 ^a
FM 3 (30% FC)	13,62 ^{c,d}	1,24 ^f	0,76 ^{g,h}	11,47 ⁱ	3,59 ^h	2,67 ^{g,h}	0,92 ^g	68,99 ^c
FM 4 (40% FC)	13,73 ^{b,c}	1,56 ^d	0,69 ^h	11,45 ⁱ	4,73 ^g	3,69 ^f	1,04 ^f	68,13 ^d
FCI	13,29 ^f	2,32 ^a	1,33 ^{b,c}	12,44 ^a	22,97 ^a	16,85 ^a	6,12 ^a	47,63 ^j
FTI	14,74 ^a	2,29 ^a	1,46 ^a	12,34 ^b	3,42 ⁱ	1,82 ⁱ	1,6 ^e	65,13 ^f
FM 5 (10% FCI)	13,3 ^{e,f}	1,37 ^e	0,87 ^{e,f}	11,88 ^d	3,55 ⁱ	2,48 ^h	1,07 ^f	69,01 ^{b,c}
FM6 (20% FCI)	13,38 ^{d,e,f}	1,41 ^e	0,95 ^e	11,73 ^f	5,28 ^f	4,32 ^e	0,96 ^{f,g}	67,24 ^e
FM 7 (30% FCI)	13,42 ^{d,e,f}	1,58 ^c	1,13 ^d	11,67 ^{f,g}	7,43 ^d	4,99 ^d	2,44 ^c	64,75 ^g
FM 8 (40% FCI)	13,58 ^{c,d,e}	1,71 ^b	1,25 ^c	11,59 ^h	7,85 ^c	6,07 ^c	1,78 ^d	64 ^h
Médias	13,63	1,57	1,06	11,87	7,93	5,67	2,26	63,78
CV (%)	0,69	0,93	3,25	0,16	0,25	1,39	1,58	0,16

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,05$); CV=coeficiente de variação.

** Umidade (U), Extrato etéreo (EE), Proteína bruta (PB), cinzas (CZ), Fibra alimentar total (FAT), Fibra insolúvel (FI), Fibra solúvel (FS) e Carboidratos não fibrosos (CNF).

*** FT = farinha de trigo; FC= farinha de cevada; FTI= farinha de trigo integral; FCI= farinha de cevada integral.

Com relação ao teor de cinzas das farinhas estudadas, observou-se menor valor ($p < 0,05$) para farinha de trigo (0,68%) e maior valor para farinha de cevada integral (2,32%). A legislação vigente estabelece um valor máximo de 0,65% de cinzas (base seca) para farinha especial e até 1,35% (base seca) para farinha comum. No caso da farinha de trigo integral o teor máximo de cinzas é de 2,0% na base seca (ANVISA, 1996).

Farinhas com altos teores de cinzas têm normalmente coloração mais escura, podendo-se presumir que contenham maiores quantidades de partículas finas de farelo e da porção adjacente ao farelo (EL-DASH, 1982).

Para as farinhas mistas observou-se, conforme esperado, que um aumento do nível de inclusão de farinha de cevada, é acompanhado de acréscimo nos valores de cinzas das amostras. Isto se deve ao fato de que a cevada possui grau de extração maior que o trigo. Desta forma, durante a moagem, maior quantidade de farelo é incorporada, implicando em teor de cinzas maior, uma vez que os minerais concentram-se nas camadas mais externas do grão (GERMANI, 2003).

O teor de cinzas está diretamente relacionado ao grau de extração. Na farinha de trigo branca estas camadas externas são removidas durante a moagem, resultando em um menor grau de extração e, conseqüentemente, menor teor de cinzas. Desta forma, quanto maior o grau de extração da farinha de trigo, maior será o valor deste componente, pela presença das camadas externas do grão (ANDRADE, 2006).

O valor médio para extrato etéreo das farinhas analisadas foi de 1,06%, sendo que a farinha de cevada apresentou o menor teor de lipídios (0,73%). Os teores das farinhas de cevada branca (0,73%) e integral (1,33%) foram inferiores aos encontrados por Mayer et al. (2007) para farinhas de cevada com e sem casca (1,65 e 2,08% respectivamente), o que pode ser atribuído a diferenças nos processos de moagem utilizados.

Em relação aos teores de proteína bruta, a FCI apresentou os valores mais elevados ($p < 0,05$) (12,44%), seguida da farinha de trigo integral (12,34%) e farinha de trigo branca (12,08%). Em que pese as diferenças estatísticas entre as farinhas, os valores foram muito próximos, mostrando semelhanças entre as farinhas nos teores de proteínas.

Segundo a legislação, o teor mínimo de proteína na farinha de trigo deve ser de 11 g/100g (base seca), estando o valor da proteína relacionado à qualidade da farinha na obtenção do glúten (ANDRADE, 2006). Todas as farinhas apresentaram teor de PB acima do mínimo estabelecido pela legislação.

O conteúdo de proteínas no grão de trigo aumenta de dentro para fora do grão, desta forma, seus teores nas farinhas tendem a aumentar à medida que se diminui o grau de extração de moagem (POMERANZ, 1987). Observou-se que os produtos contendo FCI realmente apresentaram teores mais elevados de PB quando comparados às demais misturas, nos mesmos níveis de substituição.

Farinhas de trigo de baixo conteúdo protéico são recomendadas para produtos de panificação não fermentados. Por sua vez, farinhas de trigo duro da espécie *Triticum aestivum*, com conteúdo protéico na faixa de 12 a 15%, são fundamentalmente utilizadas na elaboração de produtos de panificação (EL-DASH; CAMARGO, 1982).

Os teores de fibra alimentar total variaram de 22,97% (FCI) a 1,41% (FT). A farinha de cevada registrou média de 13,16% e a farinha de cevada integral obteve 22,97% de média. A farinha de trigo apresentou valor médio de fibra alimentar de 1,41%; na farinha mista FM4 (adicionada de 40% de FC) o valor encontrado para fibra foi de 4,73%, representando um acréscimo de 235% neste componente, em relação à farinha de trigo pura. Na farinha mista FM8 o valor médio encontrado foi de 7,85%, implicando em acréscimo de 129% nos teores de fibra total, comparados com a farinha de trigo integral (3,42%).

Observou-se (Figura 2), aumento dos valores de fibra alimentar total e suas frações, com o incremento de FC e FCI nas misturas.

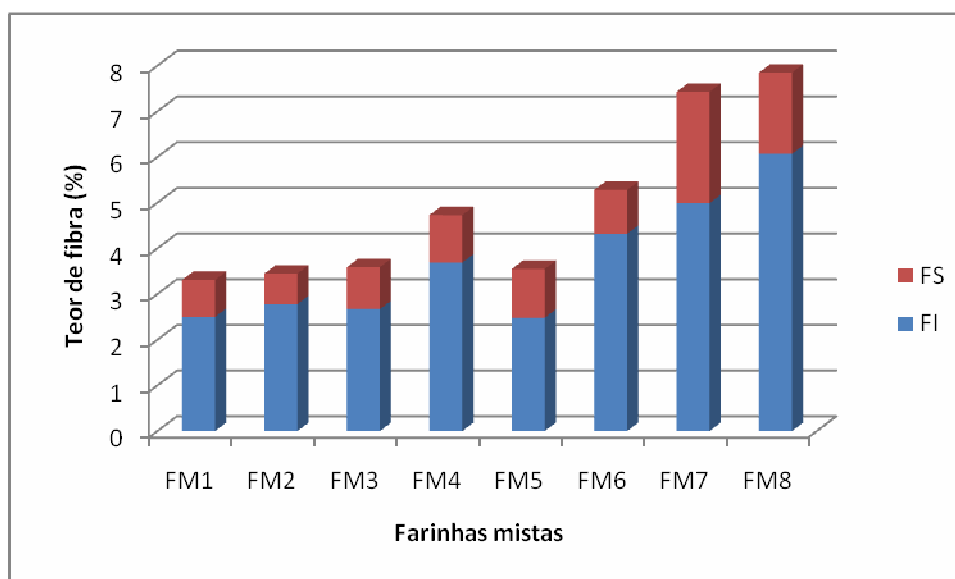


Figura 2 - Representação dos valores de fibra alimentar total e frações solúvel (FS) e insolúvel (FI) das farinhas mistas.

É importante considerar que embora exerçam ações distintas no organismo, as frações de fibra solúvel e insolúvel, em dietas usuais, serão consumidas concomitantemente, uma vez que são partes integrantes dos alimentos. Desta forma, os efeitos sobre os processos digestivos e metabólicos não dependerão somente da variação

nos seus teores individuais, mas também, da predominância de uma fração em relação à outra, da sua composição química e organização estrutural (FUKE, 2007).

Estes fatores determinam as propriedades físico-químicas da fibra e os seus efeitos sobre os processos digestivos e metabólicos (VANDERHOOF, 1998; LI et al., 2003; BEHALL, 2004). Na dieta de seres humanos, Maham (2002) sugeriu que o consumo de fibra deva obedecer à proporção de 3 partes de fibra insolúvel para uma parte de fibra solúvel.

Com relação aos teores de fibra insolúvel (FI), os maiores valores foram encontrados na farinha de cevada integral (16,85%). A farinha de cevada apresentou teor de FI de 8,25%. A retirada do farelo na moagem, portanto, representou um decréscimo de aproximadamente 51% no teor deste componente no grão de cevada.

Os valores encontrados por Mayer et al. (2007), foram semelhantes na farinha de cevada integral (16,79%), e inferiores na farinha de cevada sem casca (6,33%) o que pode ser explicado pelo processo de moagem utilizado. O valor da FC foi semelhante aos valores médios encontrados por Fujita e Figueroa (2003) para grãos de cevada nuda (8,07 – 12,16%).

Foram observados teores de fibra solúvel (FS) variando entre 0,41% (FT) e 6,12% (FCI). A FCI apresentou valor de 6,12% enquanto a FC de 4,91%, resultando em uma redução de 20% nos teores de FS com a remoção da casca na moagem. Essa mesma comparação referindo-se às farinhas de trigo indicou um decréscimo de 75% nos valores de fibra solúvel, reforçando a ideia de que a cevada, mesmo beneficiada e com a casca removida, continua apresentando altos teores de fibras.

A fração de FS (Tabela 2), de grãos de cevada é composta em grande parte por beta-glucanas (LAZARIDOU; BILIADERIS, 2007). Estes valores foram superiores aos encontrados por Urooj et al. (1998) (2,6 e 3,1%, respectivamente). Entretanto, Izydorczyk et al. (2008), observou teores semelhantes de fibra solúvel nas amostras de frações de cevada rica em fibra (4,79%) e frações de cevada com alto teor de amilose (6,25%).

A fração solúvel da fibra alimentar da cevada tem demonstrado efeitos positivos na redução na taxa de colesterol sanguíneo, principalmente em indivíduos hipercolesterolêmicos (BOURDON et al., 1999), e atenuam a resposta glicêmica (UROOJ et al., 1998; CAVALLERO et al., 2002), o que sugere sua utilização no controle ou retardo do agravamento destas doenças (WOOD, 1994). Também existem evidências de que as beta-glucanas têm efeito protetor no desenvolvimento do câncer de

cólon (HOWE et al., 1992). Assim a fibra solúvel dos grãos de cevada, poderia ser considerada como ingrediente funcional importante para a indústria alimentícia, podendo proporcionar benefícios nutricionais, e contribuir para o controle e redução do risco de doenças (MAYER et al., 2007).

O valor médio de carboidratos não fibrosos (CNF) das farinhas foi de 63,78%, sendo os maiores valores ($p < 0,05$) encontrados nas farinhas FT (69,52%), FM1 (69,3%) e FM2 (69,49%) e o menor na FCI (47,63%). Os CNF compreendem os carboidratos mais digeríveis, ou seja, que não estão incluídos na fração fibra. Representam de 40 a 80% do valor energético total da alimentação diária (BHATTY, 1999; FREITAS, 2002), sendo o amido seu principal componente e, conseqüentemente, a maior fonte de glicose da dieta humana.

Em relação à composição centesimal das farinhas de cevada e em função da retirada do farelo na moagem, observou-se diminuição nos teores de fibra insolúvel, proteínas, cinzas e lipídios e aumento nos níveis de carboidratos, com a remoção da casca, o que também foi verificado por Quinde-Axtell et al. (2006).

Quanto à composição das farinhas percebeu-se, entre as farinhas mistas brancas, uma redução nos teores de EE e PB, e um aumento dos níveis de CZ, fibra total e suas frações. Para as misturas integrais, a exceção foi o teor de cinzas, que diminuiu com o incremento de cevada nas misturas.

Tabela 3 - Valores médios para os parâmetros de cor L* (luminosidade) a* e b* do colorímetro Minolta, das farinhas de trigo, cevada e mistas.

<i>Matérias-primas</i>	<i>L</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>
FT	92,24 ± 0,11 ^a	0,22 ± 0,09 ^c	0,84 ± 0,31 ^c
FC	91,85 ± 0,10 ^{a,b}	0,89 ± 0,08 ^b	6,16 ± 0,41 ^f
FM1 (10% FC)	92,29 ± 0,41 ^a	-0,39 ± 0,04 ^d	9,77 ± 0,3 ^c
FM2 (20% FC)	92,12 ± 0,13 ^a	0,35 ± 0,04 ^c	9,5 ± 0,03 ^c
FM3 (30% FC)	92,23 ± 0,15 ^a	-0,18 ± 0,08 ^d	8,36 ± 0,21 ^e
FM4 (40% FC)	92,22 ± 0,09 ^a	-0,31 ± 0,05 ^d	9,41 ± 0,12 ^{c,d}
FCI	84,18 ± 0,05 ^d	1,85 ± 0,07 ^a	10,57 ± 0,16 ^b
FTI	83,59 ± 0,09 ^d	2,02 ± 0,02 ^a	11,48 ± 0,06 ^a
FM5 (10% FCI)	92,09 ± 0,04 ^a	-0,44 ± 0,23 ^d	9,91 ± 0,17 ^{b,c}
FM6 (20% FCI)	90,28 ± 1,92 ^{b,c}	0,23 ± 0,19 ^c	9,3 ± 0,21 ^{c,d}
FM7 (30% FCI)	89,55 ± 0,74 ^c	0,41 ± 0,14 ^c	9,39 ± 0,14 ^{c,d}
FM8 (40% FCI)	91,09 ± 0,22 ^{a,b,c}	0,15 ± 0,04 ^c	8,77 ± 0,26 ^{d,e}

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,05$). ** Média e desvio-padrão

*** FT = farinha de trigo; FC= farinha de cevada; FTI= farinha de trigo integral; FCI= farinha de cevada integral.

Os valores médios para análise de cor das farinhas e misturas encontram-se na Tabela 3. Não houve diferença significativa para os valores de L^* (luminosidade) entre a farinha de trigo branca e as misturas FM1, FM2, FM3 e FM4, adicionadas de 10, 20, 30 e 40% de FC, respectivamente. Entretanto nas misturas em que a farinha de trigo integral foi substituída pela farinha de cevada integral, nestas mesmas proporções, as amostras diferiram significativamente entre si, o que pode ser atribuído à não uniformidade no tamanho das partículas.

Na Figura 3, pode-se observar a relação entre cor das farinhas e teor de cinzas. Através deles, pode-se inferir que a coloração das farinhas estudadas está diretamente relacionada com o teor de cinzas destas. Observa-se uma tendência decrescente na luminosidade das farinhas com o aumento no teor de cinzas.

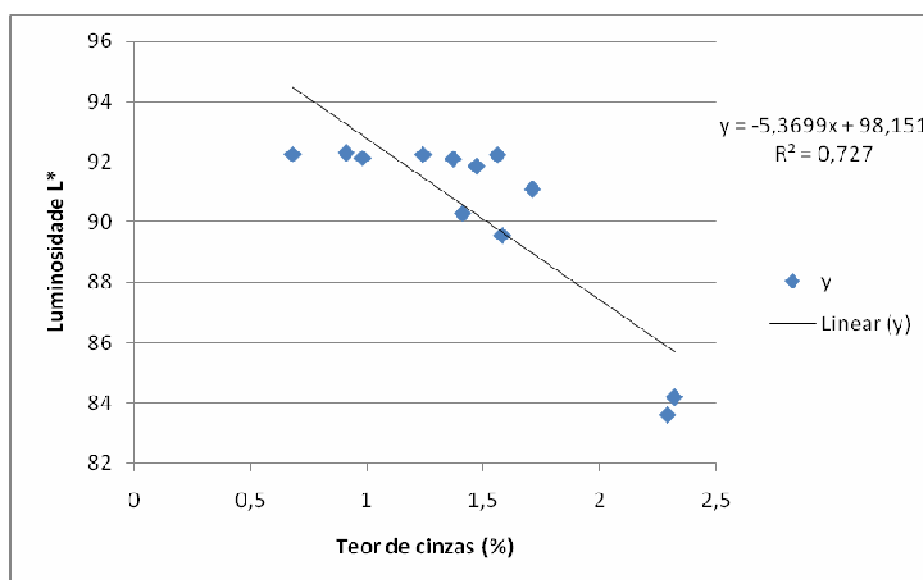


Figura 3 - Relação entre o teor de cinzas (%) e a luminosidade L^* das farinhas de trigo, cevada e mistas.

Do ponto de vista de mercado e do consumidor, a preferência é por farinhas mais brancas, embora isto não seja garantia de melhor qualidade. A cor depende de vários fatores que podem ser intrínsecos ao tipo de trigo ou fatores externos. No primeiro caso, esses fatores são transmitidos à farinha, como por exemplo, o teor de pigmentos que pode passar do endosperma do grão para a farinha; caso a farinha contenha oxidantes naturais, ela poderá tornar-se mais clara com o passar do tempo. Quando a cor é influenciada por fatores externos, como a moagem, ela pode ser usada como critério de qualidade da farinha. As farinhas que possuem maior grau de extração, ou seja, têm

maior quantidade de partículas de farelo incorporadas, apresentam coloração mais escura, maior teor de cinzas e fibras e costumam ter qualidade tecnológica inferior às farinhas mais brancas (GERMANI, 2003).

Os resultados da análise granulométrica das farinhas de trigo (FT e FTI) e cevada (FC e FCI) estão expressos na Figura 4, enquanto das farinhas mistas na Figura 5.

As farinhas de trigo FT e FTI apresentaram granulometria mais próxima uma da outra, tendo de 30 a 40% das partículas retidas nas peneiras de *mesh Tyler* 150 (abertura de malha de 0,150 mm) e *Tyler* 100 (abertura de malha de 0,212 mm), estando o restante distribuídas nas demais peneiras. A farinha que mais se aproximou destas, em termos de distribuição granulométrica foi a FC, a qual apresentou 37,9% de retenção na peneira de *mesh Tyler* 100 (abertura 0,212 mm). A FCI obteve uma distribuição maior ao longo do conjunto de peneiras, indicando possuir partículas de tamanho maior e menos homogêneas em relação às demais.

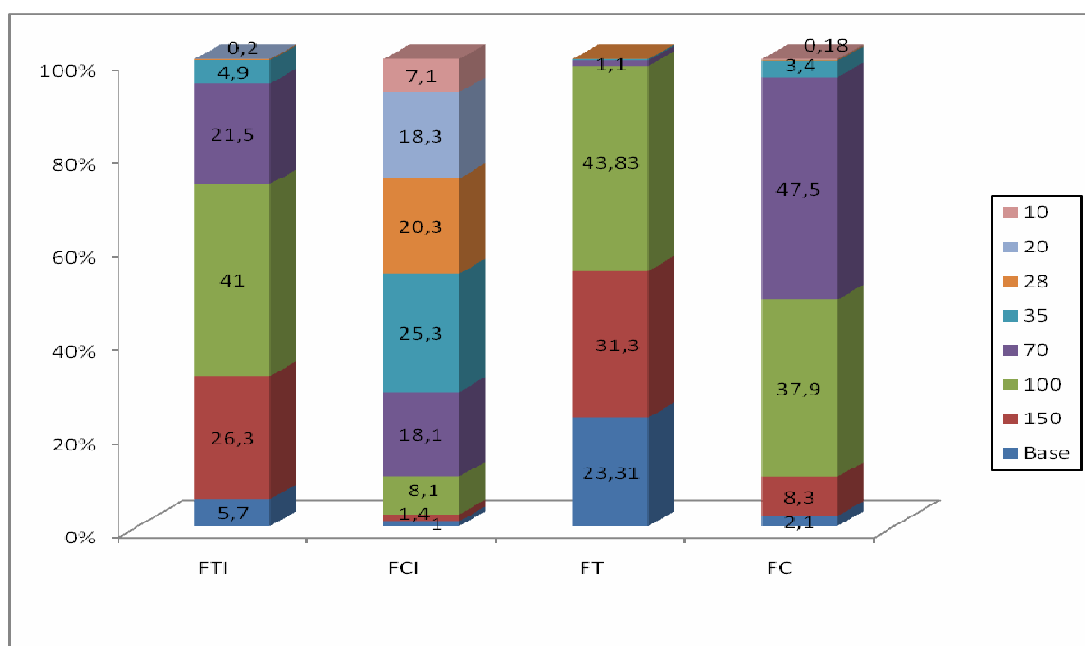


Figura 4 - Percentual das farinhas de trigo e cevada retidas nas várias peneiras no teste de granulometria.

Segundo a ANVISA (2005), 95% da farinha proveniente dos grãos de trigo do gênero *Triticum aestivum* L. ou outras espécies do mesmo gênero devem passar pela

peneira com abertura de malha de 0,250 mm. Neste trabalho, as farinhas FTI, FC e FT obedeceram essa recomendação; apenas a FCI não obteve esta distribuição o que deve ser atribuído às partículas não uniformes de farelo resultantes da moagem de 100% do grão.

Com relação às farinhas mistas pode-se perceber, conforme esperado, um pequeno e progressivo aumento no tamanho das partículas, com o aumento do nível de substituição de farinha de trigo por farinha de cevada.

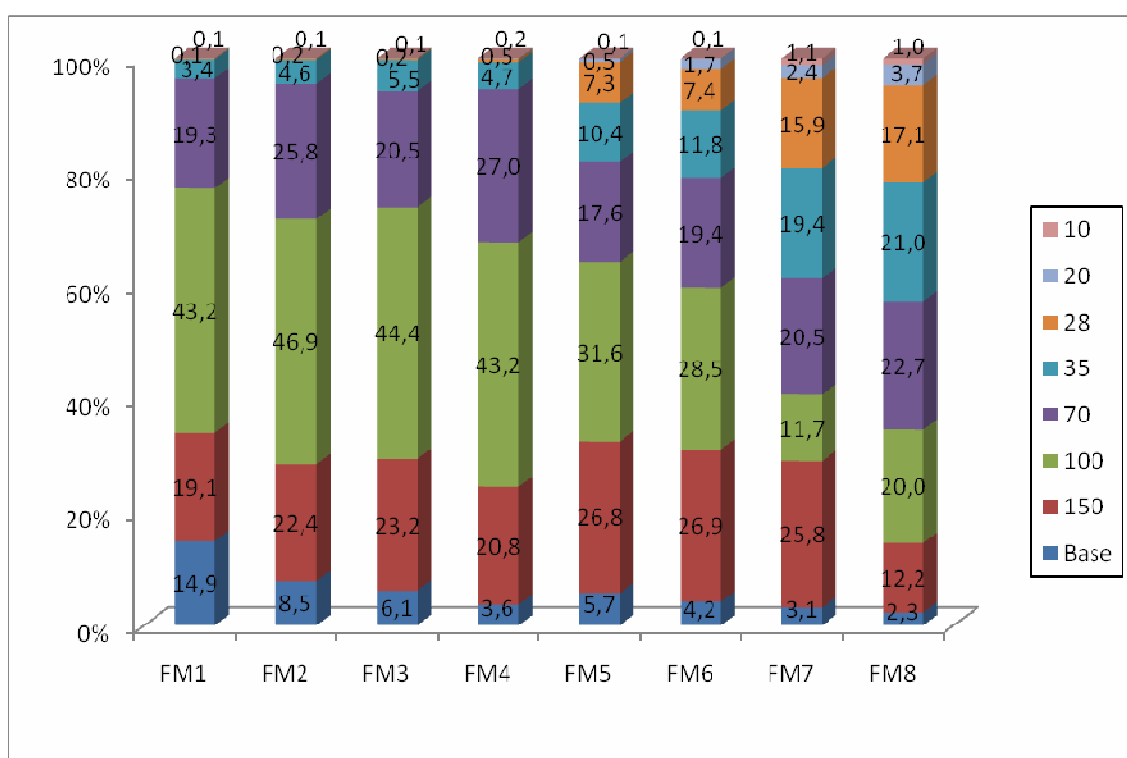


Figura 5 - Percentual das farinhas mistas retidas nas várias peneiras no teste de granulometria.

A característica granulométrica da matéria-prima constitui aspecto relevante na elaboração de produtos de panificação, pois a distribuição adequada de partículas permite maior uniformidade do produto elaborado (BORGES et al., 2006). Além disso, a granulometria influencia diretamente a capacidade de absorção de água e as características sensoriais, tais como aparência, sabor e textura, dos produtos elaborados (BORGES et al., 2003).

Embora, para farinhas, granulometria fina seja desejável, granulometria extremamente fina da farinha não é sinônimo de qualidade (PYLER, 1988), pois teores

elevados dessas partículas nas misturas podem prejudicar a estrutura interna (miolo) de produtos de panificação, tornando-a úmida e gomosa.

Os resultados da análise farinográfica das farinhas estão expressos na Tabela 4 e os farinogramas obtidos encontram-se na Figura 1B, Apêndice II. Ressalta-se que não foi possível a obtenção dos parâmetros farinográficos da FCI e alveográficos das farinhas FC e FCI, pois, durante a análise, não houve a formação de uma massa coesa que permitisse o registro da consistência correta pelo farinógrafo e alveógrafo. É importante relatar que os aparelhos utilizados nestas análises reológicas são destinados basicamente à avaliação de farinhas de trigo.

Tabela 4 - Resultados da análise farinográfica das massas obtidas a partir das farinhas de trigo, cevada e mistas.

<i>Matérias-primas</i>	<i>AA</i> (%)	<i>ES</i> (min)	<i>TDM</i> (min)	<i>ITM</i> (U.F.)
FT	56,33 ^g	17,06 ^a	12,4 ^a	40 ^d
FC	60,33 ^b	5,8 ^h	1,6 ^h	160 ^a
FM 1 (10% FC)	57,5 ^f	15,63 ^b	8,8 ^e	80 ^b
FM2 (20% FC)	59,33 ^c	12,03 ^f	7,0 ^f	20 ^e
FM3 (30% FC)	60,5 ^b	12,06 ^f	6,6 ^g	50 ^{c,d}
FM4 (40% FC)	60,5 ^b	11,26 ^f	6,5 ^g	40 ^d
FTI	58,0 ^{e,f}	15,25 ^{c,d}	10,5 ^b	80 ^b
FCI	-	-	-	-
FM5 (10% FCI)	58,33 ^{d,e,f}	15,03 ^d	10,3 ^c	60 ^c
FM6 (20% FCI)	58,85 ^{d,e}	15,36 ^c	10,2 ^{c,d}	60 ^c
FM7 (30% FCI)	59,16 ^{c,d}	15,6 ^b	8,8 ^e	80 ^b
FM8 (40% FCI)	61,53 ^a	14,26 ^e	6,5 ^g	80 ^b
Médias	59,12	13,58	8,10	68,18
CV (%)	0,50	0,58	0,54	0,50

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,05$); CV(%)=coeficiente de variação.

** AA= absorção de água; ES= estabilidade; TDM= tempo de desenvolvimento da massa; ITM= índice de tolerância à mistura.

*** FT= farinha de trigo; FC= farinha de cevada; FTI= farinha de trigo integral; FCI= farinha de cevada integral.

O primeiro parâmetro analisado no farinograma é a porcentagem de absorção de água. A absorção de água da farinha de trigo foi de 56,33% e aumentou para 60,5% quando a FC foi adicionada no nível de 40%, implicando em aumento de 7% no teor de absorção. No caso das misturas integrais, a absorção inicial foi de 58% e passou para 61,53% (FM8), resultando em aumento de 6% na absorção de água.

A capacidade de absorção de água aumentou conforme o incremento de farinha de cevada nas misturas brancas (Figura 6) e com teores de adição acima de 30% de FCI, nas misturas integrais. Isso pode ser atribuído, principalmente, ao conteúdo de fibras o que também foi observado por Tedrus et al. (2001) e Urooj et al. (1998). Tais resultados também estão de acordo com o encontrado por Gujral et al. (2003), que atribuíram esse aumento na absorção de água na massa com farinha de cevada aos altos teores de beta-glucanas presentes.

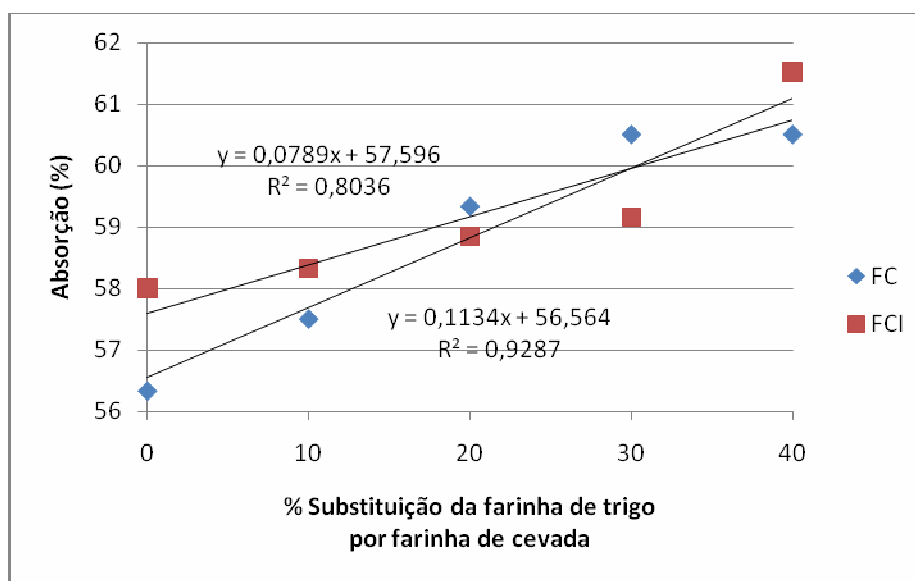


Figura 6 - Absorção das farinhas mistas em função da inclusão de farinha de cevada (FC) e farinha de cevada integral (FCI).

As farinhas mais finas têm área de superfície total maior, com conseqüente maior grau e capacidade de absorção, enquanto as farinhas com tamanho de partícula maior irão expor menor área de superfície e, portanto, terão menor absorção (EL-DASH et al., 1982). A FC e as misturas FM3, FM4 e FM8 seriam as mais adequadas para a produção de pães de forma, considerando absorção de água ideal de 60%-64%, conforme Germani (2003).

Esta determinação é importante, do ponto de vista tecnológico, porque a água assegura a união das proteínas que dão origem ao glúten, controla a consistência da massa, dissolve os sais, umedece e entumesce o amido (QUEJI et al., 2006), deixando-o mais digerível e disponível para as leveduras.

O segundo parâmetro analisado no farinograma foi a estabilidade farinográfica. Conforme esperado, a farinha de trigo obteve o maior valor de estabilidade (17,06 min.) e o menor valor foi da farinha de cevada (5,8 min.). A estabilidade das farinhas mistas variaram

entre 15,63 a 11,26 min e 15,03 a 14,26 min para as misturas adicionadas de FC e FCI, nas substituições de 10 e 40%, respectivamente. A adição de 10 e 20% de FCI na mistura não alterou a estabilidade em relação à farinha de trigo integral pura. A estabilidade, que está relacionada com a resistência da massa a um determinado tempo de mistura, sem haver quebra da estrutura do glúten, diminuiu com a adição de farinhas de cevada nas demais misturas.

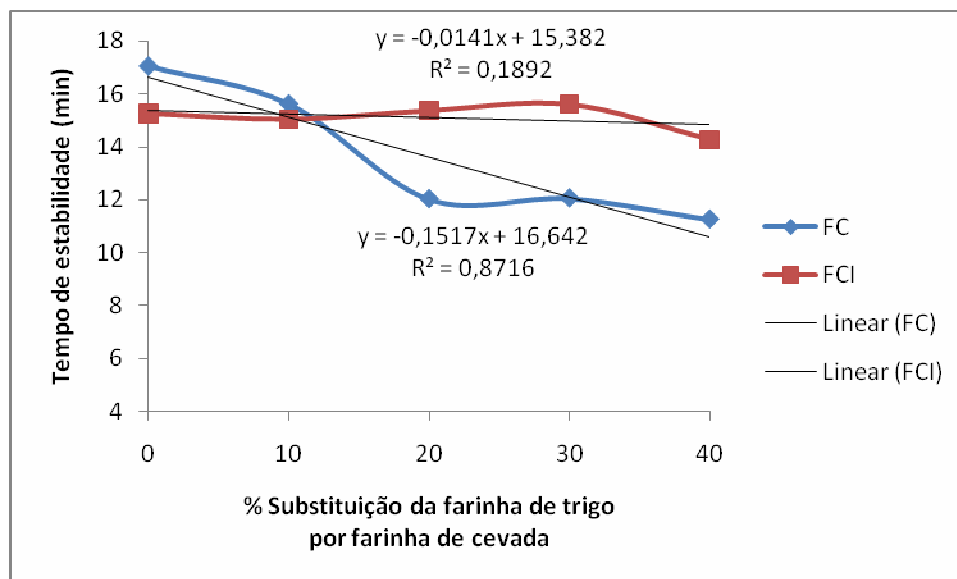


Figura 7 - Estabilidade das farinhas mistas em função da adição de farinha de cevada (FC) e farinha de cevada integral (FCI).

De acordo com a Figura 7, observa-se que a crescente adição de FC foi acompanhada de um decréscimo na estabilidade das misturas, comparado a farinha de trigo branca; enquanto que a substituição por farinha de cevada integral apresentou um aumento nos níveis de 30 e 40% de substituição (FM7 e FM8).

Devido à diminuição da farinha de trigo e, conseqüentemente, do glúten, a farinha se torna mais fraca e menos tolerante à mistura. Existe correlação positiva entre a qualidade da proteína da farinha e estabilidade da massa; estabilidade maior indica uma melhor qualidade das proteínas e, portanto, melhor qualidade da farinha (JARDINE, 1982).

Segundo El-Dash e Germani (1994), farinha branca com qualidade tecnológica boa para a produção de pão de forma é aquela que apresenta estabilidade de 7,5 minutos ou mais. Sendo assim, para o quesito de estabilidade, todas as misturas adicionadas de farinha

de cevada (integral e branca) estão passíveis de produzirem pães de forma com qualidade tecnológica aceitável.

Analisou-se ainda, o tempo de desenvolvimento da massa (TDM). Este se relaciona com a etapa de fermentação, pois caso o tempo de desenvolvimento da massa seja insuficiente, esta não será capaz de reter os gases produzidos pelas leveduras, resultando em um produto de baixo volume (CARVALHO, 1999). Nota-se que a adição de farinhas de cevada (FC e FCI) à farinha de trigo provoca uma diminuição significativa neste parâmetro, conforme aumenta o nível de substituição.

No processo de formação da massa, existe uma faixa de tempo adequada para que esta seja formada; se esse tempo for ultrapassado, a massa irá perder sua estrutura, ficando bastante pegajosa e sem elasticidade.

Na análise do ITM (índice de tolerância à mistura), pode-se perceber que a farinha de cevada apresentou índice extremamente elevado (160), indicando possuir baixa tolerância à mistura, o que pode ser atribuído ao seu baixo teor de glúten. Níveis de 40% de adição, tanto de FC quanto de FCI, não diferiram das respectivas farinhas de referência (FT e FTI), no parâmetro de ITM. A oscilação dos valores de ITM entre as misturas mostra o comportamento inconstante da cevada, na realização destes testes reológicos, quando comparada à farinha de trigo.

De acordo com Carvalho (1999), as farinhas de trigo com baixo índice de tolerância e alta estabilidade possuem boa capacidade ao processo mecânico de mistura e são chamadas de farinhas “fortes”. Segundo Izydorczyk e Biliaderis (2000), quanto mais forte a farinha, maior o tempo de mistura para se obter uma massa homogênea com máxima resistência. Consequentemente, quanto mais fraca for a farinha, menor será o tempo de mistura necessário.

Na Tabela 5, estão os valores médios de “falling number” e glúten (úmido e seco) das farinhas e misturas, bem como os resultados das análises alveográficas. Os alveogramas obtidos encontram-se na Figura 2B, Apêndice II.

Não foi possível quantificar o teor de glúten das farinhas de cevada (FC e FCI), uma vez que, após a lavagem da massa com solução salina e a retirada do amido presente, permaneciam muitas partículas de farelo nestas amostras, superestimando os resultados.

Tabela 5 - Valores médios de falling number (FN), glúten úmido (GU), glúten seco (GS), relação P/L e força de glúten (W) das farinhas de trigo, cevada e mistas.

<i>Matérias-primas</i>	<i>FN</i>	<i>GU (%)</i>	<i>GS (%)</i>	<i>P/L</i>	<i>W</i>
FT	455 ^a	28,0 ^a	9,33 ^a	1,95 ⁱ	331,8 ^a
FC	500 ^a	-	-	8,5 ^c	112,0 ⁱ
FM 1 (10% FC)	463,0 ^a	10,0 ^c	6,66 ^c	2,70 ^h	249,6 ^b
FM2 (20% FC)	468 ^a	18,0 ^d	6,0 ^d	4,12 ^g	196,8 ^c
FM3 (30% FC)	465,67 ^a	15,0 ^e	5,0 ^e	6,45 ^e	168,0 ^e
FM4 (40% FC)	496,67 ^a	10,0 ^g	3,33 ^g	9,64 ^b	122,0 ^h
FTI	466,67 ^a	25,0 ^b	8,33 ^b	2,0 ⁱ	250,6 ^b
FCI	-	-	-	-	-
FM5 (10% FCI)	465,6 ^a	18,0 ^d	6,0 ^d	4,69 ^f	172,6 ^d
FM6 (20% FCI)	306,19 ^a	14,0 ^f	4,66 ^f	6,33 ^e	165,3 ^f
FM7 (30% FCI)	300,13 ^a	10,0 ^g	3,33 ^g	7,51 ^d	140,3 ^g
FM8 (40% FCI)	457,67 ^a	8,0 ^h	2,66 ^h	12,09 ^a	73,0 ^j
Médias	437,69	16,60	5,53	6,0	180,21
CV (%)	25,25	0,02	0,02	1,34	0,49

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,05$); CV=coeficiente de variação.

** FT= farinha de trigo; FC= farinha de cevada; FTI= farinha de trigo integral; FCI= farinha de cevada integral.

A análise do “falling number” representa um indicativo da atividade enzimática da farinha. Quanto maior for este índice, menor será a quantidade de enzima presente. As farinhas não diferiram ($p < 0,05$) em relação aos valores de “falling number”.

Segundo Germani (2003), uma farinha de trigo branca ideal para produção de pães de forma deve ter um número de queda entre 250 a 300 s. Embora não tenham diferido estaticamente, apenas as farinhas FM6 e FM7 apresentaram valores de índice de queda nessa faixa. A implicação para as demais farinhas e misturas, cujos valores de FN foram superiores, é uma baixa atividade enzimática. Isso está relacionado com o fato de que a cevada não fornece enzimas amilolíticas ao meio e, portanto, não promove os efeitos negativos de destruição excessiva dos amidos durante o assamento da massa (FERNANDES, 2006).

Em relação aos teores de glúten úmido, as farinhas apresentaram diferenças significativas. As farinhas de trigo FT e FTI apresentaram os maiores valores (28 e 25%, respectivamente). Uma expressiva redução nos teores de glúten foi observada com o aumento do nível de substituição, semelhante ao constatado no estudo de Dhingra e

Jood (2004). O teor de glúten úmido para farinha branca panificável deve ser superior a 26% e de glúten seco superior a 8,5% (GRANOTEC DO BRASIL, 2000).

O glúten úmido representa 2,8 vezes a quantidade de glúten seco presente. Foram encontrados valores de GS variando entre 2,66% (FM8) e 9,33% (FT). O conteúdo de glúten seco é um indicador direto da força da farinha e da sua potencialidade de panificação. A quantidade e qualidade do glúten são responsáveis pela melhor capacidade de retenção de gás da massa e formação de uma adequada rede celular no miolo, que é desejável para as características do pão (ANJUM; WALKER, 1991).

Os baixos índices de glúten das misturas ratificam a pobre qualidade de panificação da cevada, através da sua inabilidade de formar uma rede de glúten com características adequadas a um bom produto de panificação. Uma farinha que possua um teor de glúten baixo formará uma massa não tolerante à fermentação, de difícil processamento e, conseqüentemente, pão débil em volume e umidade (GRANOTEC DO BRASIL, 2000).

Como as proteínas da farinha de cevada não formam glúten, o seu acréscimo em relação à farinha de trigo faz com que ocorram alterações em suas propriedades reológicas. O teste de alveografia foi utilizado para demonstrar este comportamento.

Em relação aos parâmetros alveográficos P (tenacidade) e L (extensibilidade), observa-se um aumento na relação P/L com a adição de farinha de cevada, o mesmo ocorrendo para as misturas integrais. Esse resultado pode ser justificado pelo decréscimo do teor de glúten da massa.

A pressão máxima de ruptura, ou “P”, é considerada como índice de estabilidade da massa, indicando resistência ao trabalho. A extensibilidade, ou “L”, é um indicativo de volume do pão. Uma diminuição da farinha de trigo implica em diminuição do teor de glúten e menor será a probabilidade de crescimento do pão (FERNANDES, 2006). Como os dois devem ser correlacionados juntos, há decréscimo do valor de P/L. Porém, é necessário que ocorra uma proporcionalidade dos valores de P e L para, associados ao valor de W (força de glúten), expressarem bom potencial de panificação.

Em relação ao trabalho de deformação ou força do glúten (W), os valores apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$). A FT, conforme esperado, apresentou o maior valor de W (331,8), enquanto a FM8 obteve o menor valor (73,0). A substituição de cevada, tanto nas farinhas mistas brancas quanto integrais, resultou em uma desfavorável diminuição nestes valores de força da farinha.

Valores de W entre 150 – 280 x 10⁻⁴ J e de P/L entre 0,5 – 1,7 mmH₂O/mm de uma farinha branca são indicados para a produção de pães de forma (GERMANI, 2003). Nesse caso, embora as farinhas mistas FM1, FM2, FM3, FM5 e FM6 tenham atingido valores ideais de W, a elevada relação de P/L tornariam necessárias correções com aditivos, para que a tenacidade das misturas fosse diminuída e ocorresse um maior equilíbrio em relação a esse parâmetro, visando uma melhor qualidade de panificação.

Observa-se ainda, que em níveis maiores de adição, a farinha tornou-se mais tenaz e conseqüentemente diminuiu a resistência da farinha mista em relação ao padrão. Isso está de acordo com o estudo de Gutkoski et al. (1993), para pães adicionados de farinha de aveia.

Tabela 6 - Características de pasta das farinhas de trigo, cevada e mistas.

<i>Matéris-primas</i>	<i>Temperat. de pasta (°C)</i>	<i>Tempo de pico (min)</i>	<i>Viscosidade máxima (cP)</i>	<i>Quebra</i>	<i>Setback</i>	<i>Viscosidade Final</i>
FT	87,01 ^{d,e}	6,41 ^{a,b,c}	217,36 ^e	68,53 ^f	112,13 ^{t,g}	260,97 ^e
FC	83,48 ^g	6,22 ^c	377,37 ^a	150,65 ^a	179,28 ^a	405,03 ^a
FM 1 (10% FC)	87,08 ^d	6,56 ^a	238,32 ^{d,e}	71,7 ^{e,f}	109,75 ^g	276,17 ^{d,e}
FM2 (20% FC)	87,06 ^{d,e}	6,57 ^a	256,37 ^{c,d}	80,38 ^d	112,04 ^{f,g}	290,15 ^{c,d}
FM3 (30% FC)	86,25 ^{e,f}	6,5 ^{a,b}	276,2 ^{b,c}	89,3 ^c	118,84 ^{d,e,f}	306,26 ^{b,c}
FM4 (40% FC)	86,03 ^f	6,44 ^{a,b,c}	290,95 ^b	101,43 ^b	129,95 ^c	317,79 ^b
FTI	83,60 ^g	6,22 ^c	381,15 ^a	150,29 ^a	181,03 ^a	406,87 ^a
FCI	89,09 ^a	6,24 ^{b,c}	222,75 ^e	73,3 ^{d,e,f}	157,71 ^b	307,12 ^{b,c}
FM5 (10% FCI)	87,49 ^{c,d}	6,49 ^{a,b,c}	234,71 ^{d,e}	78,29 ^{d,e}	122,1 ^{c,d,e}	278,79 ^{d,e}
FM6 (20% FCI)	87,70 ^{c,d}	6,53 ^a	228,7 ^e	72,5 ^{d,e,f}	114,17 ^{e,f,g}	270,17 ^{d,e}
FM7 (30% FCI)	88,16 ^{b,c}	6,53 ^a	233,85 ^e	74,2 ^{d,e,f}	115,46 ^{d,e,f,g}	275,5 ^{d,e}
FM8 (40% FCI)	88,30 ^{a,b,c}	6,49 ^{a,b,c}	231,82 ^e	75,46 ^{d,e,f}	123,62 ^{c,d}	279,87 ^{d,e}
Médias	86,93	6,45	247,09	83,69	123,99	287,02
CV (%)	0,31	1,46	2,97	3,47	2,33	2,82

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey (p<0,05).

** FT= farinha de trigo; FC= farinha de cevada; FTI= farinha de trigo integral; FCI= farinha de cevada integral.

Os resultados dos parâmetros da análise de viscosidade estão indicados na Tabela 6 e os gráficos obtidos encontram-se na Figura 3B, Apêndice B. A média das temperaturas de pasta das amostras ocorreu próxima a 87°C. As viscosidades máximas ocorreram entre 217,36 (FT) a 381,15 RVU (FTI). Para as viscosidades finais, foram obtidos valores entre 260,97 (FT) e 406,87 RVU (FTI).

Observa-se (Tabela 6) que os parâmetros viscosidade máxima, quebra e viscosidade final aumentaram com a adição de farinha de cevada à farinha de trigo, em

níveis acima de 20% de substituição. No caso das misturas integrais, devido à alta viscosidade da farinha de trigo integral (406,87 RVU), ocorreu a relação inversa, a adição de FCI diminuiu esses valores, incluindo o parâmetro de setback. O tempo de pico das misturas FM6 e FM7 foi superior à FTI e não mostrou diferenças ($p < 0,05$) entre as farinhas mistas brancas. Segundo Bhatti (1986) as farinhas de cevada nuda e descascada apresentaram pico de viscosidade e “setback” maiores que a farinha de trigo.

Segundo El-Dash et al. (1982), a viscosidade da farinha é influenciada pela ação combinada da quantidade de amido danificado e não danificado e das enzimas alfa-amilases. A quantidade de amido danificado é afetada pelas condições do processamento durante a moagem, sendo a atividade de alfa-amilase afetada pelas condições que prevalecem durante a estocagem.

CONCLUSÃO

As farinhas de cevada, branca e integral, embora tenham apresentado características reológicas de qualidade inferior, possuem bom potencial tecnológico para serem incorporadas à farinha de trigo, em produtos de panificação, indicando boas possibilidades de serem adicionadas em tais produtos, com o objetivo de enriquecê-los nutricionalmente.

A adição de farinha de cevada resultou em um aumento favorável, do ponto de vista nutricional, dos teores de fibra alimentar total, solúvel e insolúvel.

A adição de farinhas de cevada e de cevada integral influenciou nas características reológicas das misturas produzidas e um aumento na capacidade de absorção de água foi observado. O aumento dos níveis de substituição da farinha de trigo por cevada promoveu enfraquecimento da rede de glúten e diminuição da tolerância da mistura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC - American Association of Cereal Chemists. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. St. Paul, 1995.

ANDRADE, E. C. B. **Análise de alimentos: uma visão química da nutrição**. São Paulo: Varela, 2006. 89 p.

ANJUM, F. A.; WALKER, C. E. Review in the significance of starch and proteins the weath kernel hardness. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Manhattan, v. 56, n. 1, p. 1-13, Sept. 1991.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária de Alimentos. **Portaria nº 354, de 18 de julho de 1996**. Norma técnica referente à farinha de trigo. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/>. Acesso em 20 abril 2007.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária de Alimentos. **Instrução normativa nº. 8, de 2 de junho de 2005**. Regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br> . Acesso em 20 de abril 2007.

AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC International**. 16th ed., supplement 1998. Washington: AOAC, 1995, 1018 p.

ARNDT, E. A. Whole-Grain Barley for Today's Health and Wellness Needs. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 51, n. 1, p. 20-22, jan./feb. 2006.

BAIK, B. K.; ULLRICH, S. E. Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest. **Journal of Cereal Science**, London, v. 47, n. 1, p. 1-10, jan./feb. 2008.

BEHALL, K.M. et al. Diets containing barley significantly reduce lipids in mildly hypercholesterolemic men and women. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 80, n. 5, p. 1185-1193, Nov. 2004.

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

BHATTY, R. S. Physicochemical and functional (breadmaking) properties of hull-less barleys fractions. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 63, p. 31, jul./aug. 1986.

BHATTY, R.S. B-glucan and flour yield of hull-less barley. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 76, n. 2, p. 314-315, mar./apr. 1999.

BORGES, J. T. S. et al. Propriedades de cozimento e caracterização físico-química de macarrão pré-cozido à base de farinha integral de quinoa (*Chenopodium quinoa*, Wild) e de farinha de arroz (*Oryza sativa*, L) polido por extrusão termoplástica. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 21, n. 2, p. 303-322, jan./jun. 2003.

BORGES, J. T. S. et al. Utilização de farinha mista de aveia e trigo na elaboração de bolos. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 24, n. 1, p. 145-162, jan./jun. 2006.

BOURDON, I., et al. Postprandial lipid, glucose, insulin and cholecystokinin responses in men fed barley pasta enriched with b-glucan. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 69, p. 55–63, jan. 1999.

CAVALLERO, A. et al. High (1→3,1→4)-B-Glucan barley fractions in bread making and their effects on human glycemic response. **Journal of Cereal Science**, London, v. 36, n. 1, p. 59–66, jul. 2002.

CARDOSO, I. B. **Tratamento térmico de misturas de farinha de trigo e de quinoa e sua aplicação em bolo tipo pão de ló**. Campinas, 2007, [s.n.]. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CARVALHO, D. **Controle de qualidade de trigo e derivados e tratamento e tipificação de farinhas**. Granotec do Brasil, Curitiba, 1999 (Apostila).

CHOPIN. **Instruction Manual Laboratory Mill CD1**. Villeneuve-la-Garenne: Chopin, 1998. 16 p.

DHINGRA, S.; JOOD, S. Organoleptic and nutritional evaluation of wheat breads supplemented with soybean and barley flour. **Food Chemistry**, London v. 77, n. 4, p. 479–488, june 2001.

EL-DASH, A. Standardized mixing and fermentation procedure for experimental baking test. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 55, n. 4, p. 436-446, jul./aug. 1982.

EL-DASH, A.; CAMARGO, C. R. O.; DIAZ, N. M. **Fundamentos da Tecnologia de Panificação**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciências e Tecnologia. (Série Tecnologia Agroindustrial, 6), 1982. 349 p.

EL DASH, A.A.; CAMARGO C. R. O. **Fundamentos da Tecnologia de Panificação**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio e Tecnologia, 1982. 400 p.

EL-DASH, A.; GERMANI, R. **Tecnologia de farinhas mistas: uso de farinhas mistas na produção de bolos**. Brasília: EMBRAPASPI, v. 7, 1994. 31 p.

FERNANDES, A. F. **Utilização da farinha de casca de batata na elaboração de pão integral**. Lavras, 2006, 127 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FREITAS, M. C. J. Amido resistente: propriedades funcionais. **Nutrição Brasil**, v. 1, p. 40-48, maio/jun. 2002.

FUJITA, A. H.; FIGUEROA, M. O. R. Composição centesimal e teor de B-glucanas em cereais e derivados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 116-120, 2003.

FUKE, G. **Uso de grãos de cevada: caracterização bromatológica de cultivares e resposta biológica de ratos em crescimento**. Santa Maria, 2007, 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

GERMANI, R. Qualidade de farinha de trigo e panificação. In: SEMANA ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS, 9., 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, UFRuralRJ, 2003. 74 p.

GRANOTEC DO BRASIL. **Controle de qualidade de trigo e derivados, tratamentos e tipificação de farinhas**. São Paulo: Granotec, 2000. 97 p.

GUJRAL, H. S.; GAUR, S.; ROSE, L. C. M. Note: Effect of barley flour, wet gluten and ascorbic acid on bread crumb texture. **Food Science and Technology International**; v. 9; p. 17-22, febr. 2003.

GUTKOSKI, L. C. et al. Uso de farinha mista de trigo e aveia em produtos de panificação: pães tipo forma, francês e pré-pizza. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 11, n. 1, p. 33-45, jan./jun. 1993.

GUTKOSKI, L. C.; JACOBSEN NETO, R. Procedimento para teste laboratorial de panificação – pão tipo forma. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 5, p. 873-879, out. 2002.

GUTKOSKI, L. C.; NODARI, M. L.; JACOBSEN NETO, R. Avaliação de farinhas de trigos cultivados no Rio Grande do Sul na produção de biscoitos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23 (Supl.), p.91-97, dez. 2003.

HOWE, G. R. et al. Dietary intake of fiber and decreased risk of cancers of the colon and rectum: evidence from the combined analysis of 13 case-control studies. **Journal National of Cancer Institute**, v. 84, n. 24, p. 1887-1896, dec. 1992.

IZYDORCZYK, M. S.; BILIADERIS, C. G. Structural and functional aspects of cereal arabinoxylans and b-glucans. In: G. Doxastakis & V. Kiosseoglou (Eds.), **Novel macromolecules in food systems**, p. 361–384, 2000.

IZYDORCZYK, M. S.; et al. Physicochemical properties of hull-less barley fibre-rich fractions varying in particle size and their potential as functional ingredients in two-layer flat bread. **Food Chemistry**, London, v. 108, n. 2, p. 561–570, may 2008.

JARDINE, J. G. **Farinha mista de triticale e trigo para produção de pães**. Rio de Janeiro: EMBRAPA – CTAA, 1982. 22 p.

LAZARIDOU, A.; BILIADERIS, C. G. Molecular aspects of cereal b-glucan functionality: Physical properties, technological applications and physiological effects. **Journal of Cereal Science**, London, v. 46, n. 2, p. 101–118, sept. 2007.

LI, J. et al. Effects of barley intake on glucose tolerance, lipid metabolism, and bowel function in women. **Nutrition**, v. 19, n. 11/12, p. 926-929, 2003.

MAHAM, L. K.; SCOTT-STUMP, S. M. A. Krause: **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. 10. ed. São Paulo: Roca, 2002, 1157 p.

MALCOLMSON, L., NEWKIRK, R., CARSON, G. **Expanding opportunities for barley food and feed through product innovation**. In: North American Barley Researches Workshop, Julho 2005.

MARQUES, D. N.; ALBUQUERQUE, P. M. **Pão de leite**. Novembro, 1999. Disponível em: <<http://www.pgie.ufrgs.br/portalead/unirede/tecvege/feira/prcerea/paolei/farinha.html>> Acesso em 25 de abril, 2009.

MAYER, E. T. et al. Caracterização nutricional de grãos integrais e descascados de cultivares de cevada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 11, p. 1635-1640, 2007.

MOINHO RIO NEGRO. **Apostila de panificação**. Curitiba, 1997. Não paginada.

NEWMAN, C. W.; NEWMAN, R. K. A brief history of barley foods. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 51, n. 1, p. 4–7, jan./feb. 2006.

NEWPORT CIENTIFIC. **Operation manual for series 3: Rapid visco analyser using Thermocline for Windows**. Warriewood, Australia, 1995, 92 p.

OSCARSSON, M. et al. Chemical composition of barley samples focusing on dietary fibre components. **Journal of Cereal Science**, London, v.24, n. 2, p.161-170, sept. 1996.

PEREIRA, J. **Tecnologia e qualidade de cereais (arroz, trigo, milho e aveia)**. Lavras: UFLA/FAEPE (Textos Acadêmicos. Curso de Especialização Lato Sensu), 2002. 130 p.

PEREIRA, J. M.; et al. Propriedades tecnológicas de pães preparados com farinha de arroz de baixa amilose e transglutaminase. In: XVII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, X ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO. **Anais...**Pelotas. Nov., 2008.

POMERANZ, Y. **Modern Cereal Science and Technology**. New York: VHC Publishers, 1987. 486 p.

PYLER, E. J. **Baking: science & tecnologia**. 3rd ed. Kansas: Sosland Publishing Company, 1988. v. 2. 1346 p.

QUINDE-AXTELL, Z.; POWERS, P.; BAIK, B. K. Retardation of discolouration in barley flour gel and dough. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 83, n. 4, p. 385–390, jul./aug. 2006.

QUEJI, M. F. D.; SCHEMIN, M. H. C.; TRINDADE, J. L. F. Propriedades reológicas da massa de farinha de trigo adicionada de alfa-amilase. *Publ. UEPG Ci. Exatas Terra, Ci. Agr. Eng.*, v. 12, n. 2, p. 21-29, 2006.

RYU, G. H.; WALKER, C. E. The effects of extrusion conditions on the physical properties of wheat flour extrudates. *Starch*, v. 47, n. 1, p. 33-36, 1993.

SAS Institute Inc. **SAS user's guide: statistics**. 5th ed. Cary NC, 1985. 965 p.

SCHROEDER, L.F. Farinhas mistas. **Trigo e Soja**, Porto Alegre, n. 92, p. 4-6, 1987.

TEDRUS, G. A. S. et al. Estudo da adição de vital glúten à farinha de arroz, farinha de aveia e amido de trigo na qualidade de pães. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 20-25, jan./abr. 2001.

UROOJ, A.; VINUTHA, S. R.; SHASHIKALA, A. Effect of barley incorporation in bread on its quality and glycemic responses in diabetics. **International Journal of Foods sciences and nutrition**, v. 49, p. 265-270, 1998.

VANDERHOOF, J.A. Immunonutrition: The role of carbohydrates. **Nutrition Research**, v. 14, n. 7/8, p. 595-598, 1998.

XUE, Q. et al. Influence of the hullless, waxy starch and short-awn genes on the composition of barleys. **Journal of Cereal Science**, London, v. 26, n. 2, p. 251-257, sept. 1997.

WARD, A.B.; SHALLENBERGER, J.A.; WETZEL, D.L. Particle size and particle size distribution of wheat samples prepared with different grinders. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 56, n. 5, p. 434-436, 1979.

WOOD, P. Evaluation of oat bran as a soluble fiber source. Characterization of oat β -glucan and its effects on glycaemic response. **Carbohydrats. Polymers**, v. 25, p. :331-336, 1994.

YALÇIN, E. et al.. Effects of genotype and environment on β -glucan and dietary fiber contents of hull-less barley grown in Turkey. **Food Chemistry**, London, v.101, n.1, p.171-176, 2007.

ARTIGO 2

Efeito da incorporação de farinhas de cevada sobre a qualidade do pão de forma

Effect of barley flours incorporation on the quality of loaf bread

RESUMO

Embora menos comum em produtos alimentares que outros cereais, a cevada é uma excelente fonte de fibra alimentar, incluindo fibra solúvel. Estas propriedades atribuídas à cevada, principalmente devido às beta-glucanas presentes na fração solúvel, têm despertado o interesse a respeito de sua utilização na alimentação humana. Os efeitos da substituição da farinha de trigo por farinhas de cevada sobre as características sensoriais e de qualidade do pão de forma foram estudados. A farinha de cevada (FC) e farinha de cevada integral (FCI) foram adicionadas à farinha de trigo (FT) e farinha de trigo integral (FTI), respectivamente, nas proporções de 0, 10, 20, 30 e 40% de substituição cada. Os pães elaborados foram avaliados quanto à composição química, volume específico, coloração, textura, propriedades físicas, aceitabilidade dos consumidores e parâmetros de qualidade (escore de pontos). Os pães resultantes mantiveram as propriedades nutricionais, os teores de fibra alimentar e a absorção de água na massa foram aumentados. O volume e a cor diminuíram enquanto que a textura aumentou com o incremento de FC e FCI. Níveis de substituição de até 30% apresentaram qualidade de panificação desejável e todos os pães foram bem aceitos pelos consumidores.

Palavras-chave: farinha de cevada, fibra alimentar, pão de forma, qualidade, análise sensorial.

ABSTRACT

Although less common in food formulations than others cereals, barley is an excellent source of fiber, including soluble fiber. This properties of barley, specially due to the b-glucans presents on soluble fraction has motivated the interest about their use as food ingredient. The effects of replacement of wheat flour by barley flours on the characteristics of bread quality were studied. The barley flour (BF) and whole barley flour were added to wheat flour and whole weath flour on 0, 10, 20, 30 e 40% the substitution each. The breads resulting were evaluated about chemical composition, physical properties, consumer's acceptability and quality parameters (points score). The resulting breads maintained the nutritional properties; fiber values and water absorption were increased. Volume and color decreased, while texture increased with the addiction of barley flours. Substitution levels up to 30% presented desirable baking quality and all breads were well accepted by consumers.

Keyword: barley flour, dietary fiber, bread, quality, sensory analysis.

INTRODUÇÃO

Com a crescente consciência dos efeitos benéficos de uma dieta saudável sobre a qualidade de vida e da relação custo-eficácia dos cuidados à saúde, aumentou a busca do consumidor por gêneros alimentícios saudáveis e de baixo custo-benefício. Neste cenário, o pão aparece como uma alternativa interessante de alimento, com potencial para se tornar veículo de incorporação de novas fontes nutricionais, devido ao seu elevado consumo e consagrada aceitação. Apesar de possuírem ótimo sabor e fazerem parte da dieta habitual da população, os pães possuem certas deficiências nutricionais que podem ser supridas ou reduzidas por meio do enriquecimento da farinha de trigo (ANVISA, 2002) ou pela adição de ingredientes na formulação. Uma desvantagem do pão elaborado somente com farinha de trigo refinada é que o amido presente é rapidamente digerido e absorvido, resultando em um desfavorável aumento da glicose sanguínea e da insulina. Além disso, é também uma fonte pobre de fibra alimentar, contendo tipicamente menos de 2,5% (BHATTY, 1986), sendo considerado um alimento de alto índice glicêmico (KNUCKLES et al., 1997; CAVALLERO et al., 2002).

Sendo assim, a indústria alimentícia se defronta com desafios para desenvolver produtos alimentícios com características especiais de reforço à saúde. Para tanto, é preciso identificar novas fontes nutracêuticas e outros materiais naturais e nutricionais com características funcionais desejáveis (IZYDORCZYK, 2001).

Uma das espécies naturais com potencial para se tornar fonte de alimentos saudáveis no futuro é a cevada. Embora menos comum em formulações alimentares que outros cereais, estudos realizados (BHATTY, 1986; GILL et al., 2002; MAYER et al., 2007; ARNDT, 2006; FUKU, 2007) demonstram que a cevada é uma excelente fonte de nutrientes e em especial de fibras solúveis (beta-glucanas) e insolúveis. Embora as beta-glucanas presentes na cevada estejam sob processo de creditação para obter a alegação de suas propriedades funcionais na Food and Drug Administration (FDA, USA), segundo Fernandes et al. (2006), as propriedades benéficas atribuídas às beta-glucanas tornaram a cevada um grão desejável para o consumo humano, podendo ser enquadrada na categoria de alimento funcional.

Desta forma, objetivou-se avaliar o efeito da incorporação de farinhas de cevada sobre as características sensoriais e de qualidade do pão de forma.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado basicamente no Núcleo Integrado de Desenvolvimento em Análises Laboratoriais (NIDAL) e no Laboratório de Análise Sensorial, ambos pertencentes ao Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos (DTCA) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), sendo as análises de textura realizadas no Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Fundação Universidade de Rio Grande (FURG) e os pães produzidos na Indústria de Panificação Panificio Mallet, em Santa Maria, RS.

Para a obtenção das farinhas de cevada, utilizaram-se grãos da cultivar BRS Lagoa, safra 2006 com casca, provenientes do Centro de Pesquisa da EMBRAPA Trigo, Passo Fundo, RS. Os grãos foram inicialmente limpos e os materiais estranhos retirados, através de aparelho separador de impurezas marca Intecnial, e após, moídos em moinho experimental, marca Chopin modelo CD1, com taxa de extração de 68% após duas passagens para a farinha de cevada (FC) e 96,75% para a farinha de cevada integral (FCI). Na elaboração dos pães foram utilizados, além das farinhas de cevada, os seguintes ingredientes: farinha de trigo especial, farinha de trigo integral, fermento biológico fresco, sal, açúcar refinado, melhorador de farinha (contendo emulsificantes, enzima alfa-amilase e agentes oxidantes) e gordura vegetal de marca comercial, adquiridos no comércio local, conforme Quadro 1.

As farinhas de cevada (FC) e de cevada integral (FCI) foram adicionadas às farinhas de trigo e de trigo integral, respectivamente, nas porcentagens de 0, 10, 20, 30 e 40% de substituição cada. Os pães elaborados com farinha de trigo adicionados de farinha de cevada (FC) foram denominados pães brancos; os elaborados com farinha de trigo integral adicionados de farinha de cevada integral (FCI) foram denominados pães integrais. O nível de 0% dos pães brancos e integrais foi considerado pão controle. No total, foram dez formulações de pães.

Os pães foram preparados pelo método de massa direta seguindo o fluxograma de processo descrito abaixo (Figura 1).

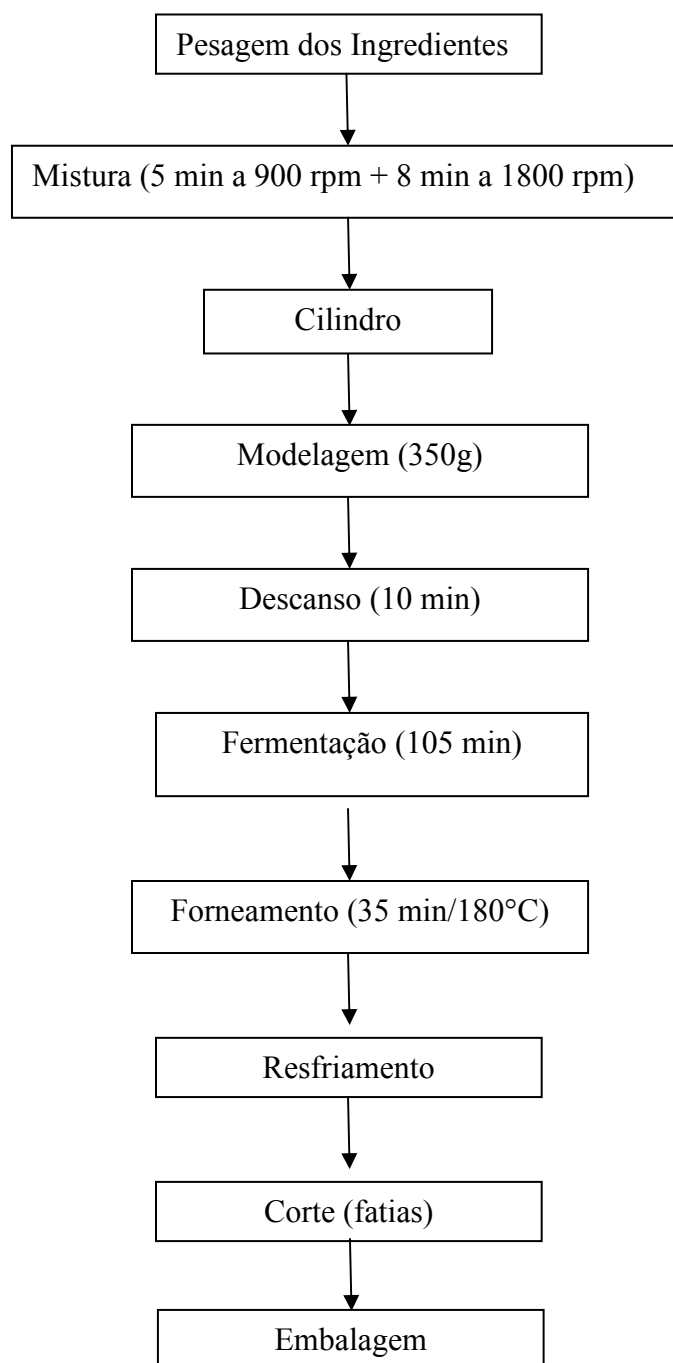


Figura 1 - Fluxograma do processo empregado na produção de pães de forma por método de massa direta.

Para a panificação experimental, seguiu-se a metodologia e as condições previamente definidas por El-Dash (1978) e adaptadas por Gutkoski e Jakobsen Neto (2002). A formulação base dos pães encontra-se no Quadro 1. Os pães adicionados de FC nas porcentagens de 0, 10, 20, 30 e 40% de substituição correspondem aos

tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5, respectivamente. Para a farinha de cevada integral estes mesmos níveis de adição correspondem aos tratamentos T6, T7, T8, T9 e T10.

A quantidade adicionada de água em cada formulação foi determinada pela análise do farinograma, de acordo com a capacidade de absorção de cada farinha (Tabela 1). Optou-se, neste trabalho, por deixar fixos todos os ingredientes sólidos, para que os efeitos das diferentes proporções de cevada nos pães fossem ressaltadas.

Ingredientes		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	
Farinha	100%	FT	100	90	80	70	60					
		FC	0	10	20	30	40					
		FTI						100	90	80	70	60
		FCI						0	10	20	30	40
Sal	1,75%											
Açúcar	5%											
Fermento	3%											
Gordura veg.	3%											
Melhorador	0,01%											
Água*	50-70%*											

Quadro 1 - Ingredientes empregados na elaboração dos pães experimentais.

* O conteúdo de água adicionada em cada formulação variou de acordo com a capacidade de absorção de cada mistura (El-Dash, 1978).

**FT= farinha de trigo; FC= farinha de cevada; FTI= farinha de trigo integral; FCI= farinha de cevada integral.

***T1=pão branco controle; T2=pão branco+10% FC; T3=pão branco+20% FC; T4=pão branco+30% FC; T5=pão branco+40% FC; T6=pão integral controle; T7=pão integral+10% FCI; T8=pão integral+20% FCI; T9= pão integral+30% FCI; T10= pão integral+40% FCI.

Tabela 1 - Capacidade de absorção de água de cada mistura e quantidade de água adicionada nas formulações de pães elaborados com cevada.

Tratamentos	AA (%)	Quantidade de água adicionada (ml/2kg farinha)
T1	56,33	1126
T2	57,5	1150
T3	59,33	1186
T4	60,5	1210
T5	60,5	1210
T6	58,0	1160
T7	58,33	1166
T8	58,85	1177
T9	59,16	1183
T10	61,53	1230

*AA= absorção de água (%).

Para a etapa de mistura da massa, foi utilizada masseira marca Progresso, e os ingredientes, na proporção indicada na formulação, foram adicionados na seguinte ordem: farinha (2000g – base 100%), açúcar, melhorador de farinha, sal, água e gordura vegetal. A mistura foi realizada em velocidade baixa por cinco minutos. Após, adicionou-se o fermento biológico, e procedeu-se o batimento em velocidade rápida por mais oito minutos, totalizando um tempo de treze minutos. Ao atingir a consistência desejada (ponto de véu), a massa foi retirada do misturador, dividida em cinco amostras de 350g e estas deixadas em descanso por dez minutos. Cada amostra foi, a seguir, modelada manualmente e colocada em formas de tamanho padrão. A massa foi colocada em uma das laterais da forma, impedindo assim, que durante a fermentação, ocorresse deformação nos pães (EL-DASH, 1978).

A fermentação das massas foi realizada em ambiente com temperatura controlada (estufa) a 30°C e umidade relativa de 80%, por 105 minutos. Após, os pães foram forneados em forno de lastro por 35 minutos à temperatura de 180°C, resfriados em temperatura ambiente, fatiados, embalados, identificados e avaliados.

Para a avaliação de composição química, foram determinados os teores de umidade em estufa a 105°C/12h, cinzas em mufla a 550°C/5h, extrato etéreo em aparelho Soxhlet com éter de petróleo, proteína bruta pelo método de Kjeldahl, fibra alimentar total e fibra insolúvel de acordo com as técnicas descritas na AOAC (1995). O conteúdo de fibra solúvel foi determinado pela diferença entre a fibra total e a fibra insolúvel. As determinações foram realizadas em triplicata, com os valores finais ajustados para base seca. A fração de carboidratos não fibrosos foi calculada por diferença. Com os dados de composição centesimal, calculou-se a energia metabolizável (valor calórico), pelo fator de Atwater (ou calor de combustão), para 100 g de cada produto obtido, utilizando a equação (1):

$$\text{Valor calórico (kcal/100g)} = (\text{g de proteína} \times 4) + (\text{g de lipídeos} \times 9) + (\text{g de carboidratos} \times 4) \quad (1)$$

Para a caracterização dos pães, os mesmos foram avaliados quanto ao volume específico, coloração, análise de textura e propriedades físicas. O volume (cm³) foi determinado 1 hora após o forneamento dos pães, através do método de deslocamento de sementes de painço, conforme descrito por Fernandes (2006). O volume específico

(cm³/g) foi calculado pela relação entre o volume do pão assado e a sua massa, utilizando-se balança analítica. Para análise de cor, a leitura foi realizada através do sistema CIELAB, em equipamento Colorímetro Minolta® CR310 (iluminante C (CIE), área de leitura de 50 mm, ângulo do observador de 0°), através dos parâmetros de cor L*, a*, b*, onde L* corresponde à luminosidade e a* e b* as coordenadas de cromaticidade em que os valores positivos de a* estão relacionados à cor vermelha, valores negativos de a*, à cor verde, valores positivos de b*, à cor amarela e valores negativos de b*, à cor azul. As medidas de textura foram realizadas sete horas após a elaboração dos pães em um Analisador de Textura, modelo TA-XT2i, da Stable Micro Systems, através do software denominado “Texture Expert for Windows”. Como referência para esta análise, utilizou-se o método nº. 74-09 da AACC (1995). Utilizou-se cilindro de prova de 36 mm, nas seguintes condições de operação: medida de força em compressão, velocidade de pré-teste: 1,0 mm/s, velocidade de teste: 1,7 mm/s, velocidade de pós-teste: 10,0 mm/s, distância de 40 %. Em relação às propriedades físicas foram verificados o peso da massa crua e o da massa assada. As perdas na cocção foram calculadas a partir da diferença entre o peso da massa crua (g) e o peso final (g) dos pães. O Indicador de Avaliação do Índice de Conversão, de acordo com Moura (2008), foi calculado através da relação entre o peso final (g) e o peso da massa crua (g).

Para avaliar a qualidade dos pães utilizou-se o sistema de pontuação global empregado por El-Dash (1978) e por vários pesquisadores (ELIAS E CONDÉ, 1985; GUTKOSKI et al., 1997). Os pães foram avaliados por julgadores mediante teste de perfil de atributos (escore de pontos), sendo eles, aroma, sabor, textura do miolo, estrutura da célula do miolo, volume, cor da crosta, características da crosta, quebra e simetria, segundo metodologia proposta por El-Dash (1978). Para cada uma das características, foi atribuída uma escala de pontos, de acordo com a Figura 2A, no Apêndice I.

Dezessete julgadores foram submetidos à avaliação de escore de pontos dos pães adicionados de FC e FCI, nas proporções de 0, 10, 20, 30 e 40% de substituição cada. Utilizando a classificação para qualidade dos pães (Tabela 2) adotada por Camargo e Camargo (1987), foi atribuído um conceito a cada um dos tratamentos dos pães de acordo com suas respectivas notas totais. O teste foi aplicado no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento Ciência e Tecnologia dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Maria sob condições controladas (temperatura de aproximadamente 22°C, luz branca

nas cabines de provas). Cada provador recebeu uma fatia de pão referente a cada tratamento, todos codificados com números de três dígitos aleatórios.

Tabela 2 - Classificação de qualidade do pão.

<i>Total de pontos</i>	<i>Qualidade do pão</i>
>90	Muito boa
80-90	Boa
70-80	Regular
<70	Sofrível

Fonte: Camargo e Camargo (1987).

A avaliação sensorial dos pães foi realizada através do teste de aceitabilidade. O mesmo foi realizado em três padarias comerciais de Santa Maria (RS) com abordagem direta aos consumidores, que expressaram sua opinião através de escala hedônica estruturada de sete pontos. Foram abordados 104 indivíduos não treinados de ambos os sexos, escolhidos aleatoriamente entre diferentes faixas etárias e classes sociais que não apresentassem problemas de saúde que interferissem nos órgãos dos sentidos, especialmente o paladar. Foram oferecidos aos provadores em torno de 10g de amostra de cada um dos produtos formulados.

Foi utilizada escala hedônica de 7 pontos (1=gostei muitíssimo; 2=gostei muito; 3=gostei; 4=não gostei/nem desgostei; 5=desgostei; 6=desgostei muito; 7=desgostei muitíssimo). A ficha de avaliação utilizada encontra-se na Figura 1A, Apêndice I. A escala hedônica com os respectivos pesos e notas totais dos pães de forma seguiram metodologia proposta por Fonseca (2006), conforme Apêndice II, Tabela 1B.

Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado com três repetições, para todas as análises, incluindo sensorial. A metodologia estatística incluiu análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, sendo o nível crítico de significância de 5%. As análises foram efetuadas com auxílio do pacote estatístico SAS (SAS, 1985).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios para composição química dos pães elaborados pela adição de diferentes concentrações de FC e FCI encontram-se na Tabela 3. A composição apresentou diferenças significativas, a nível de 5% de probabilidade, entre os tratamentos para todos os parâmetros de composição avaliados.

Tabela 3 - Composição química dos pães elaborados com adição de farinha de cevada (FC) e farinha de cevada integral (FCI), em diferentes níveis de substituição.

Trat.	U	CZ	EE	PB	FAT	FI	FS	CNF	VC
%MS.....								
T1	37,12 ^f	2,48 ^f	1,74 ^a	7,98 ^f	3,36 ^f	2,52 ^f	0,84 ^f	47,29 ^b	236,81 ^a
T2	37,87 ^e	2,77 ^c	1,52 ^d	8,68 ^d	5,11 ^e	2,48 ^f	2,62 ^{b,c}	44,02 ^e	224,53 ^d
T3	36,25 ^g	2,75 ^c	1,34 ^f	8,40 ^e	5,36 ^e	2,87 ^f	2,49 ^c	46,02 ^c	229,85 ^c
T4	34,13 ⁱ	2,87 ^b	1,39 ^{e,f}	7,99 ^f	6,65 ^d	4,02 ^e	2,63 ^{b,c}	48,05 ^a	236,78 ^a
T5	34,34 ^h	2,76 ^c	1,42 ^e	7,73 ^f	7,49 ^{b,c}	4,54 ^d	2,94 ^a	46,19 ^c	228,71 ^c
T6	33,77 ^j	2,67 ^{d,e}	1,51 ^d	9,86 ^c	6,96 ^{c,d}	4,08 ^e	2,87 ^b	45,21 ^d	233,94 ^b
T7	40,36 ^a	2,69 ^d	1,68 ^b	10,37 ^a	7,28 ^{b,c}	4,67 ^{c,d}	2,61 ^{b,c}	37,82 ^f	207,94 ^e
T8	40,23 ^b	2,70 ^d	1,60 ^c	10,18 ^{a,b}	7,85 ^b	6,70 ^b	1,15 ^f	37,35 ^f	204,61 ^f
T9	39,65 ^d	2,75 ^g	1,74 ^{a,b}	9,92 ^{b,c}	9,46 ^a	7,92 ^a	1,44 ^e	37,14 ^f	200,75 ^g
T10	40,14 ^c	3,22 ^a	1,35 ^f	9,94 ^{b,c}	9,85 ^a	8,04 ^a	1,80 ^d	35,47 ^g	193,89 ^h
Médias	37,39	2,66	1,53	9,03	6,94	4,42	2,50	42,45	219,78
CV (%)	0,04	0,69	1,27	1,19	3,13	4,26	4,57	0,59	0,40

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey (p<0,05);

CV=coeficiente de variação

** Umidade (U); Cinzas (CZ); Extrato etéreo (EE); Proteína bruta (PB); Fibra alimentar total (FAT); Fibra solúvel (FS); Fibra insolúvel (FI); Carboidratos não fibrosos (CNF), Valor calórico (VC).

*** T1=pão branco controle; T2=pão branco+10% FC; T3=pão branco+20% FC; T4=pão branco+30% FC; T5=pão branco+40% FC; T6=pão integral controle; T7=pão integral+10% FCI; T8=pão integral+20% FCI; T9= pão integral+30% FCI; T10= pão integral+40% FCI.

Os valores de umidade dos pães variaram entre 33,77% (T6) e 40,36% (T7), o que pode ser atribuído a diferenças na absorção de água da massa, devido à presença de fibras, durante o amassamento. A ANVISA (2000) estabelece umidade máxima permitida para pães elaborados exclusivamente com farinha de trigo de 38g/100 g. Embora os pães integrais T7, T8, T9 e T10, tenham apresentado teor de umidade acima deste valor, observa-se ausência de legislação específica para o tipo de pão desenvolvido.

A determinação da umidade é uma das medidas mais importantes e utilizadas na análise de alimentos, por estar relacionada com sua estabilidade, qualidade, composição e estocagem, uma vez que alimentos com alta umidade irão deteriorar mais rapidamente (CECCHI, 2003). A umidade é importante por ser um dos principais fatores de aceleração das reações químicas e enzimáticas (GUTKOSKI e JAKOBSEN NETO, 2002). Além disso, a alta umidade deixa os produtos panificados grudentos e “borrachudos” (ESTELLER e LANNES, 2005), favorecendo o crescimento de microrganismos, o que pode interferir na vida de prateleira.

Em relação ao teor de cinzas, observou-se média de 2,66% entre os tratamentos, sendo o T10, elaborado pela adição de 40% de FCI, o que apresentou maior valor para cinzas (3,22%). Conforme esperado, o pão branco controle (T1) apresentou o menor teor (2,48%). Isso é explicado pelo fato da FT ser obtida pela moagem do grão de trigo com baixa taxa de extração. O grau de extração influencia fortemente o teor de cinzas de uma farinha; aquela que contiver maior grau de extração e, portanto, maior quantidade de farelo incorporado, apresentará teor de cinza mais elevado (GERMANI, 2003).

Quanto ao teor de proteína bruta (PB), nas amostras de pão branco, os valores variaram entre 8,68% (T2) e 7,73% (T5). Os valores dos pães integrais ficaram entre 10,37% (T7) e 9,86% (T6). Embora tenham apresentados valores de PB inferiores ao indicado na Tabela de Composição de Alimentos (UNICAMP, 2006) para pão de forma branco tradicional (12g de proteínas/100g), a presença de farinhas de cevada (FC e FCI) nos pães, em níveis de até 20%, contribuiu para aumentar o teor de proteínas em relação aos respectivos pães controle. A variação nos valores de PB verificados neste trabalho foram superiores, nas devidas proporções, aos encontrados por Urooj et al. (1998) para pães adicionados de 15% de cevada descascada (7,6%) e 10% de cevada integral (7,8%), respectivamente, o que pode ser explicado pela variedade genética do grão de cevada e do processo utilizados.

De acordo com Pomeranz (1987), o conteúdo de proteína do trigo está diretamente relacionado ao volume do pão produzido a partir dele e é citado como um dos principais indicadores de qualidade de uso final da farinha. Além disso, segundo Gutkoski e Jakobsen Neto (2002), a quantidade de proteínas está relacionada à capacidade de formação da massa, ou seja, quando são misturadas farinha de trigo e água, o resultado é a formação de uma massa constituída da rede protéica do glúten

ligado aos grânulos de amido que retêm o gás carbônico produzido durante o processo fermentativo e faz com que o pão retenha o gás formado e aumente de volume.

Com relação aos teores de extrato etéreo (EE) (Tabela 3), os valores variaram entre 1,74 e 1,34%, com média de 1,53% para os tratamentos analisados. Embora tenham diferido estatisticamente, os pães apresentaram valores de EE próximos aos pães controle, indicando que a adição de farinhas de cevada não provocou grandes alterações neste componente. Todos os pães apresentaram valores de EE inferiores à Tabela de Composição de Alimentos (UNICAMP, 2006), que indica 2,7 g de lipídios para cada 100g de pão de forma branco tradicional.

A determinação da composição química de grãos de cevada é importante, principalmente em relação à fibra alimentar (FUKE, 2007). Neste trabalho, observou-se um aumento nos teores de fibra alimentar total com a adição de farinha de cevada à massa (Gráfico 1).

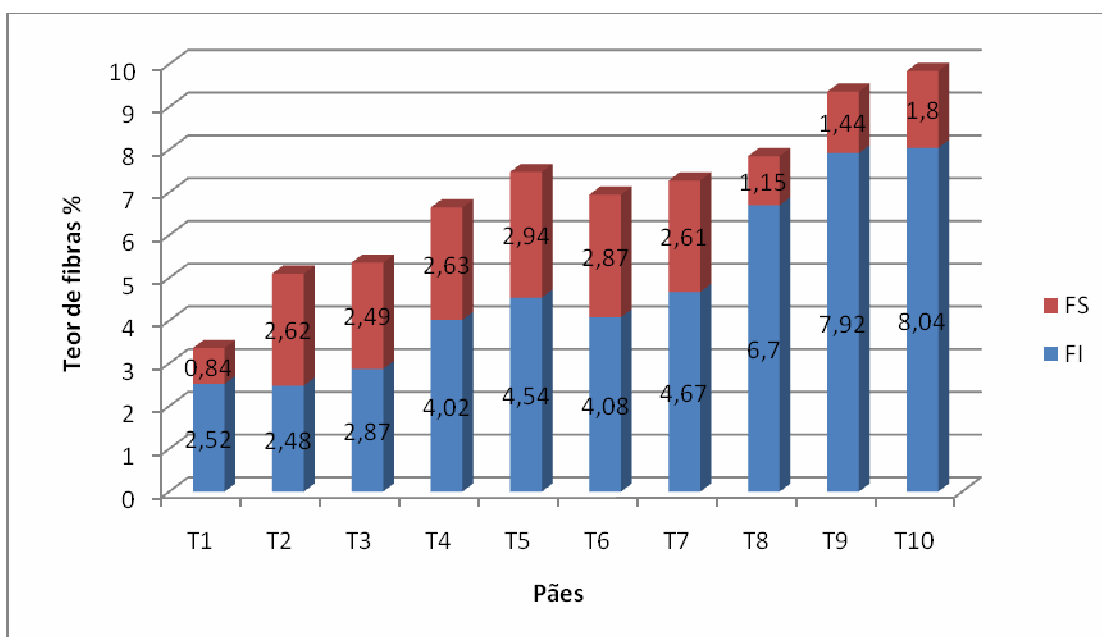


Gráfico 1 - Representação dos valores de fibra alimentar total e frações solúvel (FS) e insolúvel (FI) dos pães brancos e integrais, elaborados com farinhas de cevada.

Os valores de fibra nos pães brancos passaram de 3,36% (T1) para 7,49% (T5), significando um aumento de 122%. O aumento deve-se ao fato de a farinha de cevada apresentar valor superior em fibra alimentar quando comparada à farinha de trigo. Para os pães integrais os teores variaram entre 6,96% (T6) e 9,85% (T10), implicando em um

aumento de 41%, no teor de fibra alimentar dos pães. A Portaria nº 27 de 13 de janeiro de 1998 (ANVISA, 1998), preconiza um mínimo de 3 g fibra/100g de alimento, sendo assim, todos os pães estudados classificam-se como alimentos fonte de fibra. Os valores de fibra insolúvel (FI) e fibra solúvel (FS) também aumentaram com a adição de farinha de cevada integral e acima de 30% de FC nos pães de forma (Gráfico 1), entretanto, este aumento não foi proporcional, o que pode ser explicado por imprecisões na execução das análises. Os maiores valores de FI encontrados nos pães brancos e integrais foram de 4,54% (T5) e 8,04% (T10), respectivamente.

Em relação aos teores de FS, o maior teor foi 2,94% no pão contendo 40% de FC. Os pães contendo 20, 30 e 40% de FC foram superiores, em relação aos teores de FS, que os pães integrais com estes mesmos teores de FCI. Além de possuir os mesmos nutrientes, incluindo fibra alimentar, que outros cereais, uma vantagem da cevada é a presença de fibra solúvel em sua composição. Além disso, a FS da cevada tem a particularidade de estar presente em todo o grão e não apenas na camada externa, tornando a elaboração de um produto processado a partir do interior do grão (FC) tão atrativo do ponto de vista nutricional quanto um integral (FCI), conforme verificado pelos resultados (Tabela 3).

A fibra solúvel é conhecida por seus efeitos benéficos à saúde, tais como, diminuição da glicose sanguínea (WOOD et al., 1990; CAVALLERO et al., 2002; ARNDT, 2006), diminuição do colesterol sérico (NEWMAN et al., 1992), prevenção de câncer de cólon (BRENNAN e CLEARY, 2005) e propriedades protetoras do trato gastrointestinal, especialmente devido às ações das beta-glucanas presentes na cevada (NEWMANN et al., 1998; ARNDT, 2006; FERNANDES, 2006).

Cleary et al. (2007) demonstraram o potencial das beta-glucanas de alto e baixo peso molecular da cevada sobre o aumento da qualidade nutricional de pães brancos através da redução da digestibilidade do amido.

A incorporação de beta-glucanas, na forma de farinhas ou extratos, nos pães podem oferecer, normalmente, modificações físico-químicas indesejáveis, incluindo redução da extensibilidade da massa, diminuição de peso e do volume e alterações na estrutura do miolo (CAVALLERO et al., 2002; GILL et al., 2002; KNUCKLES et al., 1997; SYMONS e BRENNAN, 2004), que podem resultar em diminuição da aceitabilidade do consumidor.

Segundo Katina et al. (2006), apesar da adição de fibras em produtos de panificação ser considerado um benefício saudável, ela pode causar problemas na

qualidade de pães. A suplementação de fibras geralmente enfraquece a estrutura, diminui o volume do pão e a elasticidade do miolo.

Os teores de carboidratos não fibrosos ficaram entre 48,05% (T4) e 44,02% (T2), para os pães brancos, e entre 45,21% (T6) e 35,14% (T9), para os pães integrais. Com exceção do T4, devido possivelmente a imprecisões experimentais, os demais pães apresentaram teores de CNF inferiores ao respectivo controle, indicando uma diminuição no teor de amido e aumento no teor de fibras dos pães estudados.

O valor calórico dos pães, expresso em kcal/100g de alimento, encontra-se na Tabela 3. O maior valor foi encontrado no pão branco controle (236,81kcal/100g) e o menor valor no pão adicionado de 40% de cevada integral (193,89 kcal/100g). O baixo valor calórico por porção juntamente com a maior sensação de saciedade associados à cevada reforçam as recomendações de utilização deste cereal na alimentação humana.

Com relação à cor do miolo dos pães, os valores médios encontram-se na Tabela 4. Observou-se um escurecimento (diminuição da luminosidade) do miolo com a adição de farinhas de cevada (FC e FCI) aos pães. Esse fato está relacionado com uma maior quantidade de cinzas na cevada e devido à presença de partículas de farelo na massa, resultantes da maior taxa de extração deste cereal. Segundo Germani (2003) a cor do miolo é afetada diretamente pelas características da farinha, assim como pela granulosidade da massa. Quanto mais fina a granulosidade, mais brilhante será a cor.

Tabela 4 - Valores médios para as coordenadas de cor L*, a* e b* dos pães elaborados com farinhas de cevada.**

<i>Trat.</i>	<i>L</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>
T1	75,95 ± 0,64	-0,56 ± 0,04	14,47 ± 0,28
T2	73,98 ± 0,99	0,11 ± 0,05	15,43 ± 0,01
T3	72,05 ± 0,16	0,29 ± 0,11	15,20 ± 0,02
T4	68,23 ± 0,19	0,88 ± 0,03	16,51 ± 0,03
T5	64,68 ± 0,17	1,52 ± 0,07	15,47 ± 0,14
T6	70,87 ± 1,60	1,45 ± 0,14	16,53 ± 0,12
T7	69,11 ± 0,92	0,88 ± 0,005	13,31 ± 5,76
T8	64,44 ± 0,07	1,65 ± 0,01	17,35 ± 0,03
T9	59,84 ± 0,33	2,81 ± 0,03	19,21 ± 0,08
T10	59,43 ± 0,301	3,40 ± 0,02	19,24 ± 0,18

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey (p<0,05).

** Média e desvio-padrão

***T1=pão branco controle; T2=pão branco+10% FC; T3=pão branco+20% FC; T4=pão branco+30% FC; T5=pão branco+40% FC; T6=pão integral controle; T7=pão integral+10% FCI; T8=pão integral+20% FCI; T9= pão integral+30% FCI; T10= pão integral+40% FCI.

Na Tabela 5, encontram-se os valores médios para as análises de textura (firmeza), volume e volume específico dos pães analisados neste trabalho. Em relação ao pão branco, observa-se que nenhuma diferença significativa foi detectada nos níveis de 10, 20 e 30% de adição de farinha de cevada, indicando que estas substituições não afetaram a maciez dos pães produzidos.

Em relação aos pães integrais, com exceção do T7 (contendo 10% de cevada integral), todos os demais tratamentos apresentaram diferenças significativas em relação ao pão controle integral, para o atributo textura.

Tabela 5 - Médias dos valores de firmeza, volume e volume específico dos pães elaborados a partir de diferentes concentrações de farinhas de cevada.

<i>Trat.</i>	<i>Firmeza (g)</i>	<i>Volume (cm³)</i>	<i>Volume específico (cm³/g)</i>
T1	100,48 ^e	1800 ^a	6,0 ^a
T2	138,33 ^{d,e}	1743,45 ^b	5,91 ^a
T3	139,38 ^{d,e}	1540,7 ^c	4,97 ^c
T4	148,52 ^{d,e}	1419,9 ^e	4,73 ^d
T5	264,64 ^c	1213,9 ^f	3,98 ^e
T6	122,09 ^{d,e}	1539,9 ^c	5,22 ^b
T7	184,32 ^d	1458,0 ^d	4,86 ^{c,d}
T8	259,38 ^c	1419,0 ^e	4,73 ^d
T9	648,19 ^b	1215,0 ^f	4,05 ^e
T10	894,96 ^a	972,0 ^g	3,24 ^f
Médias	290,02	1432,09	4,76
CV (%)	8,13	0,30	1,12

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste Tukey (p<0,05); CV= coeficiente de variação.

**T1=pão branco controle; T2=pão branco+10% FC; T3=pão branco+20% FC; T4=pão branco+30% FC; T5=pão branco+40% FC; T6=pão integral controle; T7=pão integral+10% FCI; T8=pão integral+20% FCI; T9= pão integral+30% FCI; T10= pão integral+40% FCI.

A textura é uma medida importante porque avalia as propriedades que afetam diretamente a qualidade dos produtos de panificação (FONSECA, 2006). O aumento da firmeza dos pães com a inclusão de farinhas de cevada está associado ao enfraquecimento do glúten, uma vez que há substituição gradual da farinha de trigo nos tratamentos. Este enfraquecimento é um dos principais motivos da diminuição do volume do pão, que causa maior compactação de sua estrutura e, conseqüentemente, de sua firmeza.

O volume dos pães apresentou diferença significativa a 5% de probabilidade (Tabela 5). Pode-se observar que houve queda acentuada no volume dos pães, com a adição de cevada na formulação. Isso é devido à pobre qualidade de panificação da cevada, que além de não possuir quantidade e qualidade de glúten desejáveis, apresenta elevados teores de fibras, que impedem a expansão da rede de glúten e o desenvolvimento adequado da massa.

De acordo com Couto (2007), o comprometimento da estrutura do glúten implica em alterações das propriedades viscoelásticas da massa que, por sua vez, não consegue formar uma rede capaz de se expandir, dar forma adequada ao pão e reter com eficiência os gases formados pela fermentação da massa, resultando, portanto em pães de forma com menor volume. Segundo Gill et al. (2002) a substituição de farinha de trigo por farinha de cevada reduziu o volume dos pães e alterou a coloração e firmeza/textura dos produtos.

O volume é um importante atributo de qualidade e está diretamente relacionado com a aceitação dos consumidores. O volume específico é um dos fatores avaliados no perfil de atributos e escore de pontos para avaliação de qualidade dos pães.

Os resultados de volume específico dos pães avaliados neste trabalho encontram-se na Tabela 5 e variaram entre 6,0 e 3,24 g/cm³, para os pães branco controle e adicionados de 40% de FCI, respectivamente. Ferreira (2002) afirmou que, quanto maior o volume específico do pão de forma, melhor é a sua avaliação. O volume específico é afetado por vários fatores como a qualidade dos ingredientes usados na formulação da massa, especialmente a farinha, e os tratamentos usados durante o processamento (EL-DASH-e CAMARGO, 1982).

A qualidade física dos pães de forma foi avaliada através do peso da massa crua (peso da massa antes do forneamento), peso da massa assada (peso da massa após o forneamento) e perdas durante a cocção. Também foi utilizado o Indicador de avaliação do Índice de conversão, que está relacionado com através da relação entre o peso final (g) e o peso da massa crua (g). Os resultados estão apresentados na Tabela 6.

Os dados apresentados referem-se ao peso total da massa crua e da massa assada obtidos através da somatória de 3 pães. As perdas durante a cocção variaram entre 40 e 55 g. A fim de evitar discrepância nos pesos, procurou-se padronizar em 350g o peso da massa crua colocada em cada forma. A perda durante a cocção deve-se a evaporação de líquidos, especialmente água. Os tratamentos T4 e T5 apresentaram a maior perda durante a cocção, demonstrando menor habilidade em reter a água durante o

processamento e confirmando os baixos teores de umidade encontrados na composição química. Os T7 e T8 apresentaram as menores perdas na cocção, indicando maior retenção de água na massa, estando de acordo com os elevados teores de umidade dos pães.

Tabela 6 - Resultados das análises físicas dos pães, quanto ao peso da massa crua e do pão, perdas na cocção e índice de conversão.

<i>Trat.</i>	<i>Peso massa crua(g)</i>	<i>Peso pão (g)</i>	<i>Perdas na cocção (g)</i>	<i>Índice de Conversão (IC)</i>
T1	350	300	50	0,86 ^{b,c}
T2	350	300	50	0,86 ^{b,c}
T3	350	300	50	0,86 ^{b,c}
T4	350	295	55	0,84 ^c
T5	350	295	55	0,84 ^c
T6	350	300	50	0,86 ^{b,c}
T7	350	310	40	0,89 ^a
T8	350	345	45	0,87 ^{a,b}
T9	350	300	50	0,86 ^{b,c}
T10	350	300	50	0,86 ^{b,c}
Médias	350	300,50	-	0,86
CV (%)	0	0,91	-	0,97

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,05$);

CV=coeficiente de variação.

**T1=pão branco controle; T2=pão branco+10% FC; T3=pão branco+20% FC; T4=pão branco+30% FC; T5=pão branco+40% FC; T6=pão integral controle; T7=pão integral+10% FCI; T8=pão integral+20% FCI; T9= pão integral+30% FCI; T10= pão integral+40% FCI.

A perda de peso ao assar é uma medida que demonstra a capacidade da massa em reter água, enquanto o volume específico é a medida mais importante para verificar a capacidade da farinha de expandir e reter o gás no interior da massa durante o forneamento.

Quanto ao índice de conversão, não houve diferença estatística entre as amostras de pães brancos. Com relação aos pães integrais, apenas a amostra contendo 10% de farinha de cevada integral (T7), que não diferiu da T8, apresentou diferença significativa entre os tratamentos.

A ficha utilizada na avaliação de qualidade dos pães encontra-se na Figura 2A, Apêndice I. Os primeiros atributos avaliados são referentes às características externas dos pães de forma e os valores médios encontram-se na Tabela 7.

Tabela 7 – Valores médios das características externas dos pães em relação a porcentagem de adição de farinha de cevada à farinha de trigo na elaboração dos pães de forma.

	<i>Volume</i>	<i>Cor da crosta</i>	<i>Quebra</i>	<i>Simetria</i>	<i>Subtotal</i>
			Notas		
Trat.	0-20	0-10	0-5	0-5	40
T1	19,8 ^a	9,0 ^c	4,25 ^c	3,39 ^h	36,44 ^a
T2	19,14 ^b	9,35 ^a	3,85 ^f	3,97 ^e	36,31 ^b
T3	16,36 ^d	8,94 ^d	4,01 ^e	3,69 ^f	33,0 ^f
T4	15,58 ^g	8,88 ^e	3,76 ^g	3,52 ^g	31,74 ^g
T5	13,42 ^h	8,61 ^g	4,07 ^d	4,08 ^c	30,18 ^h
T6	16,93 ^c	8,82 ^f	4,0 ^e	4,0 ^{d,e}	33,75 ^d
T7	16,06 ^e	9,23 ^b	4,7 ^a	4,64 ^a	34,63 ^c
T8	15,67 ^f	8,94 ^d	4,32 ^b	4,52 ^b	33,45 ^e
T9	13,38 ⁱ	9,0 ^c	3,7 ^h	4,05 ^{c,d}	30,13 ^h
T10	10,72 ^j	8,3 ^h	3,82 ^f	3,23 ⁱ	26,07 ⁱ
Médias	15,70	8,90	4,04	3,90	32,57
CV (%)	2,70	0,16	0,49	1,51	1,06

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey (p<0,05);

CV=coeficiente de variação.

**T1=pão branco controle; T2=pão branco+10% FC; T3=pão branco+20% FC; T4=pão branco+30% FC; T5=pão branco+40% FC; T6=pão integral controle; T7=pão integral+10% FCI; T8=pão integral+20% FCI; T9= pão integral+30% FCI; T10= pão integral+40% FCI.

Em relação às características externas, observou-se decréscimo no volume dos pães com a adição de cevada, em relação ao controle. Todos os pães adicionados de farinha de cevada apresentaram escore de pontos inferior ao pão branco controle (T1). De acordo com a planilha de pontos para pão de forma proposta por El-Dash (1978), o valor máximo para o volume do pão é 20. Neste trabalho o maior valor encontrado para este atributo foi 19,8 cm³ (T1), com média de 15,70 cm³ entre os tratamentos.

Entre os pães integrais, o T7 apresentou características externas de qualidade superiores ao respectivo pão controle (T6). Embora tenha apresentado volume inferior, este pão adicionado de 10% de FCI obteve média superior nos demais atributos, em relação ao pão integral controle, resultando em escore subtotal mais elevado (34,63 pontos). O pão de forma contendo 10% de FC (T2), embora tenha apresentado diferenças estatísticas em relação ao pão controle (T1), alcançou valor subtotal próxima à este, indicando que este possui boa qualidade para as características externas avaliadas.

Um volume excessivamente grande normalmente corresponde a um pão de textura fraca e granulidade grosseira, características não aceitáveis para pão de boa

qualidade (EL-DASH et al., 1982). Um volume muito pequeno pode dever-se a um glúten fraco ou fermentação imprópria, não ocorrendo adequado desenvolvimento da rede de glúten.

Os valores de cor da crosta atribuídos aos pães diferiram significativamente ($p < 0,05$). Embora tenham apresentado diferenças estatísticas, os valores para cor da crosta dos pães foram muito próximas, principalmente em relação ao controle. A avaliação da cor é um parâmetro crítico em produtos forneados. Pães com crosta muito clara ou muito escura estão associados a falhas no processamento (NUNES, 2008).

Normalmente, a cor da crosta oscila entre marrom intenso dourado no topo e marrom levemente dourado nas laterais (PYLER, 1988). Segundo Fernandes (2006), a cor desejável para o pão integral deve ser marrom (dependendo da quantidade de farinha integral utilizada e do seu grau de extração), homogênea e brilhante.

O maior valor para quebra foi observada no pão contendo 10% de cevada integral (T7), enquanto que o menor foi do T9 (3,7 pontos). Estas características de quebra são relativas à abertura das laterais do pão, devido ao crescimento repentino no forno, sendo desejável porque contribui para a aparência do pão. Esta quebra ocorre durante os primeiros sete minutos no forno e consiste no momento em que o pão realmente alcança seu volume definitivo. Uma quebra pequena pode dever-se à fermentação imprópria ou insuficiente.

O T10 apresentou menor valor para simetria (3,23 pontos), enquanto que o T7, contendo 10% de cevada integral, obteve maior escore para este atributo (4,64 pontos). A avaliação da simetria pode ser feita dividindo-se imaginariamente o pão em duas partes, comparando-se suas laterais. A simetria do pão é um atributo de aparência e depende das técnicas empregadas no manuseio e na moldagem da massa, além das condições ideais de formulação e processamento. Se a massa for muito dura (baixo conteúdo de água), com mistura e fermentação inadequadas, atividade diastática insuficiente ou manuseio grosseiro, provavelmente terá as laterais encolhidas e as extremidades pequenas (EL-DASH et al., 1982).

As características internas avaliadas pelos julgadores e suas respectivas valores médios estão expressos na Tabela 7.1. Pelos resultados do subtotal, pode-se inferir que todos os pães adicionados de farinha de cevada mostraram-se inferiores em relação ao pão branco controle, no que se refere a estes atributos de qualidade. Nos pães integrais, o T7, mostrou valores superiores ao controle, enquanto as demais obtiveram escores menores, para as características internas do pão.

Tabela 7.1 - Valores médios das características internas da crosta e do miolo dos pães adicionados de farinha de cevada e farinha de cevada integral.

<i>Trat.</i>	<i>Características da crosta</i>	<i>Cor do miolo</i>	<i>Textura do miolo</i>	<i>Estrutura da célula do miolo</i>	<i>Subtotal</i>
	0-5	0-10	Notas 0-10	0-10	35
T1	3,57 ^a	9,78 ^a	9,42 ^c	8,5 ^d	31,27 ^d
T2	4,32 ^b	9,52 ^b	9,11 ^e	7,97 ^g	30,92 ^e
T3	4,39 ^f	9,02 ^e	9,01 ^f	8,03 ^f	30,45 ^f
T4	3,7 ^g	8,05 ^g	7,82 ^h	7,94 ^{g,h}	27,51 ^h
T5	3,84 ^h	7,69 ^h	8,07 ^g	7,92 ^h	27,52 ^h
T6	4,11 ^d	9,23 ^d	9,47 ^b	9,14 ^b	31,95 ^b
T7	4,47 ^c	9,41 ^c	9,52 ^a	9,23 ^a	32,63 ^a
T8	4,55 ^e	9,23 ^d	9,23 ^d	8,76 ^c	31,77 ^c
T9	4,0 ^h	8,11 ^f	7,76 ⁱ	8,17 ^e	28,04 ^g
T10	3,73 ^h	7,0 ⁱ	6,94 ^j	7,23 ⁱ	24,9 ⁱ
Médias	4,06	8,70	8,63	8,28	29,69
CV (%)	3,06	0,13	0,19	1,20	0,55

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,05$); CV(%)= coeficiente de variação.

**T1=pão branco controle; T2=pão branco+10% FC; T3=pão branco+20% FC; T4=pão branco+30% FC; T5=pão branco+40% FC; T6=pão integral controle; T7=pão integral+10% FCI; T8=pão integral+20% FCI; T9= pão integral+30% FCI; T10= pão integral+40% FCI.

Os valores máximos e médios para aroma e sabor dos pães de forma elaborados com a adição de farinhas de cevada estão apresentados na Tabela 7.2.

De acordo com os resultados obtidos no escore de pontos, para os atributos aroma e sabor, os pães T2 e T3, contendo farinha de cevada nos níveis de adição de 10 e 20%, respectivamente, mostraram-se superiores ao controle (T1). Em relação aos pães integrais, o T7 (10% cevada integral), apresentou valores maiores para aroma e sabor do pão (22,37 pontos), comparado ao pão integral controle (T6) (21,78 pontos).

Os valores do escore de pontos dos pães estão expressos na Tabela 7.3, bem como sua classificação quanto à avaliação global (Tabela 2). Os resultados indicam que o pão contendo 10% de cevada (T2) obteve conceito máximo, sendo considerado “muito bom”, quanto à qualidade do pão de forma, superando nestes atributos avaliados o pão branco controle (T1).

Tabela 7.2 – Valores médios de aroma e sabor dos pães adicionados de farinhas de cevada.

<i>Trat.</i>	<i>Aroma</i>	<i>Sabor</i>	<i>Subtotal</i>
	0-10	Notas 0-15	25
T1	8,92 ^d	13,0 ^d	21,92 ^d
T2	9,0 ^c	13,87 ^b	22,87 ^b
T3	9,27 ^a	13,98 ^a	23,25 ^a
T4	8,91 ^d	11,82 ^g	20,73 ^g
T5	8,46 ^e	10,69 ^j	19,15 ⁱ
T6	9,2 ^b	12,58 ^e	21,78 ^e
T7	9,26 ^a	13,11 ^c	22,37 ^c
T8	9,2 ^b	12,47 ^f	21,67 ^f
T9	8,32 ^f	11,52 ^h	19,84 ^h
T10	8,08 ^g	11,0 ⁱ	19,08 ^j
Médias	8,86	12,40	21,26
CV (%)	1,17	0,13	0,70

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,05$); CV= coeficiente de variação.

**T1=pão branco controle; T2=pão branco+10% FC; T3=pão branco+20% FC; T4=pão branco+30% FC; T5=pão branco+40% FC; T6=pão integral controle; T7=pão integral+10% FCI; T8=pão integral+20% FCI; T9= pão integral+30% FCI; T10= pão integral+40% FCI.

Os pães referentes aos tratamentos T1, T3, T6, T7 e T8, obtiveram escore de pontos considerado “bom”. Os tratamentos T4, T5, contendo FC, e T9, T10, contendo FCI, foram considerados de qualidade “regular”. O T7 apresentou maior escore de pontos que o pão integral controle (T6), entretanto, segundo a classificação de Camargo e Camargo (1987), ambos foram considerados de mesma qualidade (bom).

O Gráfico 2, expressa a comparação entre os tratamentos em relação aos atributos de qualidade dos pães. O volume juntamente com o sabor dos pães foram os atributos de qualidade que apresentaram as maiores diferenças para os pães adicionados de farinha de cevada (FC).

aroma e sabor. Segundo este gráfico, o atributo que mais salientou diferenças entre os tratamentos foi o volume dos pães.

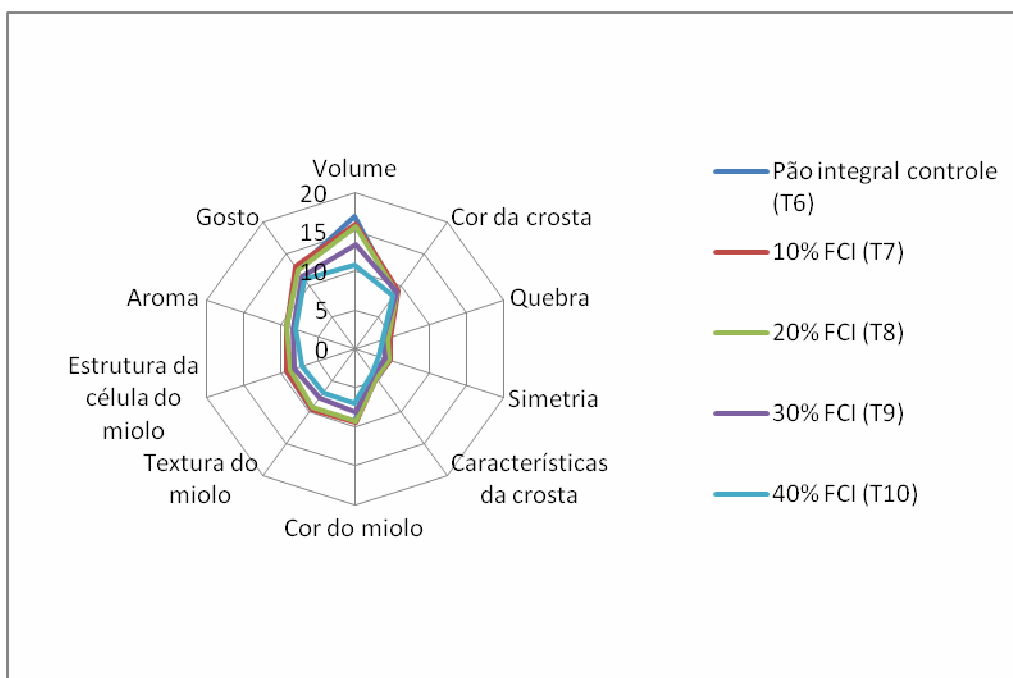


Gráfico 3 - Atributos avaliados no escore de pontos dos pães adicionados de farinha de cevada integral comparados com o pão integral controle.

Os pães elaborados e utilizados para avaliação de qualidade e análise sensorial, encontram-se ilustrados nas Figuras 2 e 3.

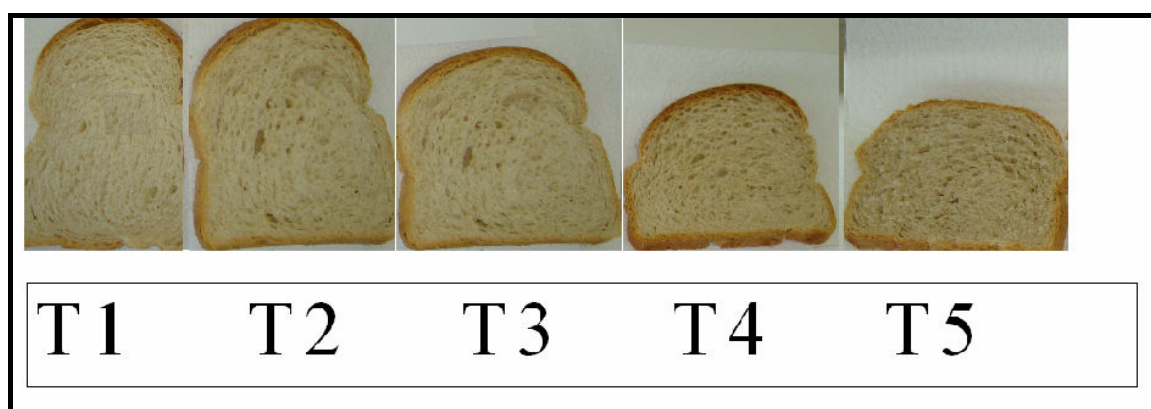


Figura 2 - Pães brancos elaborados e utilizados na avaliação de qualidade e análise sensorial.

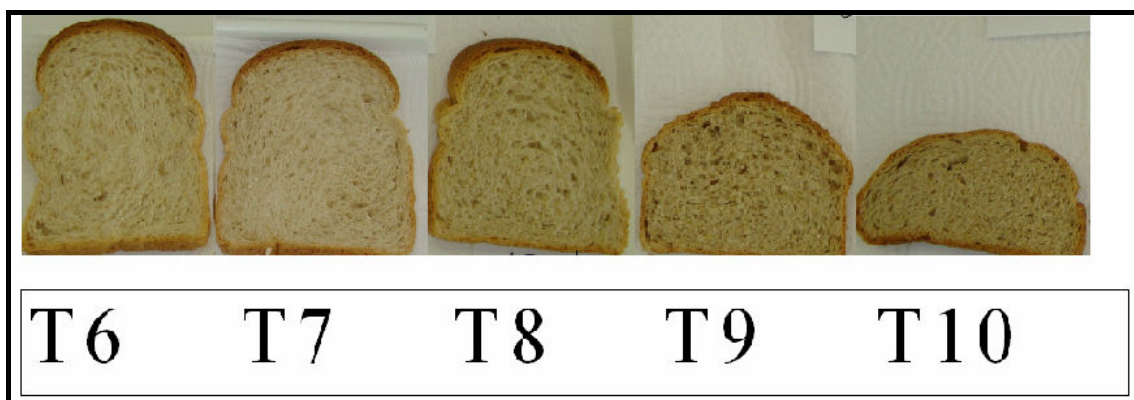


Figura 3 - Pães integrais elaborados e utilizados na avaliação de qualidade e análise sensorial.

A escala hedônica com os respectivos pesos, pontuação e notas totais do teste de aceitabilidade para os pães de forma estão representados na Tabela 1B, Apêndice II. Os valores referentes à avaliação dos provadores, com os respectivos conceitos atribuídos à cada pão, segundo o teste de aceitabilidade, encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8 - Escala hedônica com os conceitos atribuídos pelos provadores à cada formulação de pão, no teste de aceitabilidade.

	<i>ESCALA</i>						
	1	2	3	4	5	6	7
	Provadores						
T1	30 ^a	34 ^{c,d}	31 ^{b,c}	7 ^{c,d}	2 ^c	0 ⁽¹⁾	0 ⁽¹⁾
T2	26 ^{a,b}	44 ^a	28 ^{c,d}	3 ^d	2 ^c	1	0
T3	19 ^c	44 ^a	34 ^{a,b}	4 ^{b,c}	3 ^c	0	0
T4	30 ^a	41 ^{a,b}	21 ^e	9 ^{b,c}	2 ^c	1	0
T5	25 ^b	42 ^{a,b}	31 ^{b,c}	4 ^d	2 ^c	0	0
T6	21 ^{b,c}	40 ^b	30 ^{b,c}	10 ^{a,b,c}	3 ^c	0	0
T7	22 ^{b,c}	41 ^{a,b}	24 ^{d,e}	14 ^a	3 ^c	0	0
T8	10 ^d	36 ^c	38 ^a	13 ^{a,b}	7 ^b	0	0
T9	9 ^d	34 ^{c,d}	34 ^{a,b}	14 ^a	13 ^a	0	0
T10	14 ^d	31 ^d	36 ^a	12 ^{a,b}	11 ^a	0	

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

**Escala hedônica (1=gostei muitíssimo; 2=gostei muito; 3=gostei; 4=não gostei/nem desgostei; 5=desgostei; 6=desgostei muito; 7=desgostei muitíssimo).

***T1=pão branco controle; T2=pão branco+10% FC; T3=pão branco+20% FC; T4=pão branco+30% FC; T5=pão branco+40% FC; T6=pão integral controle; T7=pão integral+10% FCI; T8=pão integral+20% FCI; T9= pão integral+30% FCI; T10= pão integral+40% FCI.

Os tratamentos T1, T2 e T4, não apresentaram diferença significativa em relação ao número de provadores que atribuíram conceito 1 (gostei muitíssimo) aos pães; os tratamentos T6 e T7 não diferiram estatisticamente para o mesmo conceito, entre os pães integrais. No que se refere ao número de provadores que atribuíram conceito 2 (gostei muito) aos pães brancos, apenas o T1 diferiu dos demais avaliados. O T4 foi o único que apresentou diferença em relação ao conceito 3, no número de provadores dos pães brancos. Quanto ao conceito 4, os pães brancos e integrais não diferiram de seus respectivos controles. Em relação ao conceito 5, T9 e T10 obtiveram mais avaliações, seguidos do T8 e os demais pães não diferiram entre si. Apenas T2 e T4 receberam 1 voto cada para o conceito 6 (desgostei muito). Nenhum dos tratamentos recebeu conceito 7 (desgostei muitíssimo).

Estes conceitos atribuídos aos pães foram transformados em porcentagem e a distribuição do percentual de aceitabilidade dos pães encontra-se no Gráfico 4.

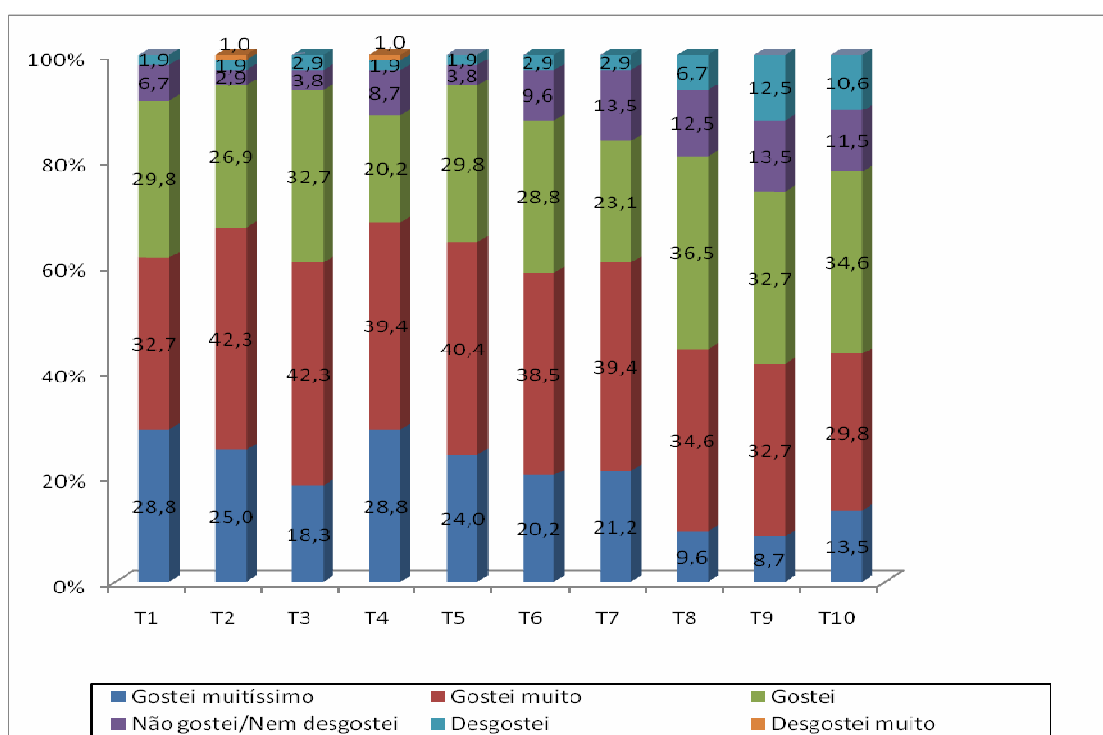


Gráfico 4 - Distribuição da aceitabilidade dos pães adicionados de farinha de cevada (FC) e farinha de cevada integral (FCI).

Pode-se perceber que os pães referentes aos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6 e T7 apresentaram, em maior porcentagem, conceito 2 na escala hedônica (gostei muito). Os pães T8 e T10 obtiveram, em sua maioria, notas referentes ao conceito 3 (gostei). O tratamento

T9, contendo 30% de FCI, apresentou porcentagens iguais para os conceitos “gostei muito” e “gostei”.

A pontuação obtida no teste de aceitabilidade (Tabela 1B, Apêndice II) foi transformada em percentual, para se ter uma melhor visualização dos resultados obtidos e os resultados encontram-se no Gráfico 5. Os pães T1, T2, T4 e T5 foram os mais aceitos pelos consumidores, enquanto o T9 foi o menos aceito (7% de aceitação dos provadores). Através deste gráfico, pode-se perceber, que a aceitação dos consumidores variou entre 7 e 12% entre os tratamentos, indicando pequena diferença e boa aceitação entre todos os pães avaliados.

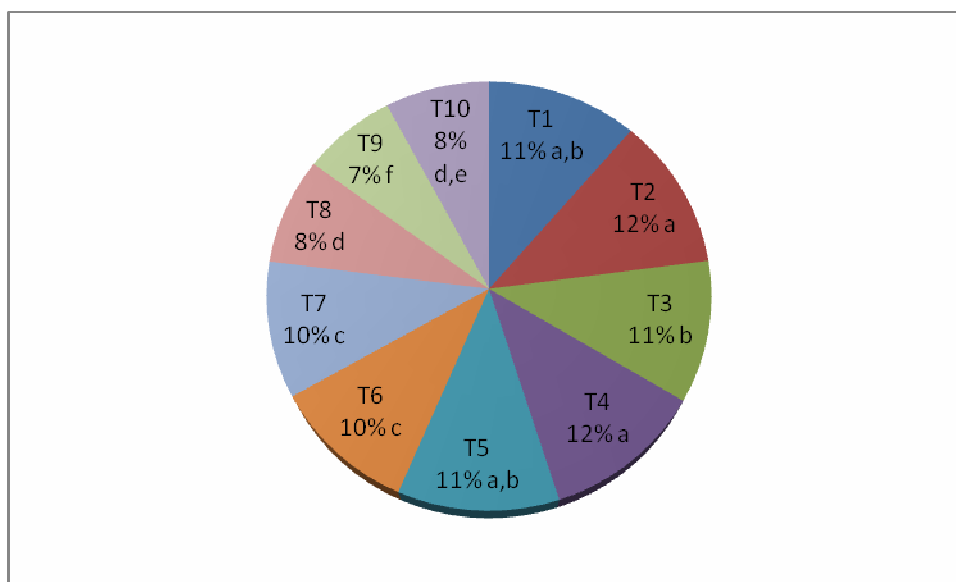


Gráfico 5 - Aceitação dos consumidores no teste de aceitabilidade dos pães.

Segundo o estudo de Ereifej et al.(2006) sugeriu, a farinha de cevada pode ser usada para substituir 30% a 45% da farinha de trigo em pães do tipo Balady sem afetar negativamente a aceitabilidade dos pães pelo consumidor. Entretanto, com conteúdos de farinha de cevada acima destes limites, os pães resultantes tornam-se pesados, escuros e não uniformes; além disso, menos aceitáveis.

Embora todos os pães avaliados tenham apresentado boa aceitação por parte dos consumidores, os tratamentos T4, T5, T9 e T10, referentes à adição de 30 e 40% de FC e FCI, respectivamente, obtiveram classificação “regular” no escore de pontos (Tabela 9.3), o que pode ser atribuído aos atributos de qualidade sabor e volume, os quais apresentaram menor pontuação em relação aos demais.

CONCLUSÃO

A adição de farinha de cevada e farinha de cevada integral nos pães de forma não interferiu na composição de nutrientes e resultou em aumento nos teores de fibras e da capacidade de absorção de água na massa.

Níveis de substituição de até 30% de FC e 10% de FCI, não afetaram a maciez dos pães. Observou-se aumento na textura e diminuição do volume dos pães com o incremento de crescentes níveis de substituição de cevada.

A adição de 10% de farinha de cevada resultou em pão de forma de qualidade superior ao pão de forma padrão, na maioria dos atributos avaliados. Níveis de substituição de até 30% de FC e FCI apresentaram qualidade de panificação desejável e todos os pães elaborados foram bem aceitos pelos consumidores, indicando boas chances de serem produzidos e posteriormente comercializados.

Os efeitos da adição de cevada no pão de forma e os elevados teores de fibras deste cereal tornam a cevada uma opção para o enriquecimento de produtos como pães, a fim de disponibilizar aos consumidores uma alternativa de alimento saudável e com potenciais benefícios à saúde.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC - American Association of Cereal Chemists. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. St. Paul, 1995.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância sanitária.. **Resolução – RDC nº 90, de 18 de outubro de 2000**. Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de pão.. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 12 jul. 2007.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância sanitária. **Portaria nº 27 de 13 de janeiro de 1998**: Regulamento Técnico sobre a Informação Nutricional Complementar. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 09 de julho 2007.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância sanitária. Resolução - **RDC nº 344, de 13 de dezembro de 2002**. Regulamento Técnico Para Fortificação das Farinhas de Trigo e das Farinhas de Milho com Ferro e Ácido Fólico. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 04 ago. 2008.

AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC International**. 16th ed., supplement 1998. Washington: AOAC, 1995, 1018p.

ARNDT, E. A. Whole-Grain Barley for Today's Health and Wellness Needs. **Cereal Foods World**. Minneapolis, v. 51, n. 1, p. 20-22, jan./feb. 2006.

BHATTY, R. S. Physicochemical and functional (breadmaking) properties of hull-less barley fractions. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 63, p. 31, jul./aug. 1986.

BRENNAN, C. S.; CLEARY, L. J. The potencial use of cereal (1-3, 1-4)-B-D-glucans as functional food ingredients. **Journal of Cereal Science**, London, v. 42, n. 1, p. 1-13, jul. 2005.

CAVALLERO, A. et al. High (1→3,1→4)-B-Glucan barley fractions in bread making and their effects on human glycemic response. **Journal of Cereal Science**, London, v. 36, n. 1, p. 59–66, jul. 2002.

CAMARGO, C.R.O.; CAMARGO, C.E.G. Trigo: avaliação tecnológica e novas linhagens. **Bragantia**, Campinas, v. 46, n. 2, p. 169-181, 1987.

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

CLEARY, L. J.; ANDERSSON, R.; BRENNAN, C. S. The behaviour and susceptibility to degradation of high and low molecular weight barley b-glucan in wheat bread during baking and in vitro digestion. **Food Chemistry**, London, v. 102, n. 3, p. 889–897, 2007.

COUTO, E. M. **Utilização da farinha de casca de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) na elaboração de pão de forma**. Lavras, 2007, 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) Universidade Federal de Lavras, Lavras.

EL-DASH, A. Standardized mixing and fermentation procedure for experimental baking test. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 55, n. 4, p. 436-446, jul./aug. 1982.

EL-DASH, A.; CAMARGO, C. R. O.; DIAZ, N. M. **Fundamentos da tecnologia de panificação**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciências e Tecnologia (Série Tecnologia Agroindustrial, 6), 1982. 349 p.

EL DASH, A. A.; CAMARGO, C. R. O. **Fundamentos da Tecnologia de Panificação**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio e Tecnologia, 1982. 400 p.

ELÍAS, J. R.; CONDÉ, A. P. El proceso de panificación: etapas fundamentales y papel de la harina en las mismas. **Alimentária**, v. 22, p. 17-32, 1985.

EREIFEJ, I.; AL-MAHASNEH, M. A.; RABABAH, T. M. Effect of Barley Flour on Quality of Balady Bread. **International Journal of Food Properties**, v. 9, n. 1, p. 39 – 49, 2006.

ESTELLER, M. S.; LANNES, S. C. S. Parâmetros complementares para fixação de identidade e qualidade de produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, 2005.

FERNANDES, A. F. **Utilização da farinha de casca de batata na elaboração de pão integral**. Lavras, 2006, 127f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FERNANDES, L. R.; et al.. Efeito da goma guar parcialmente hidrolisada no metabolismo de lipídeos e na aterogênese de camundongos. **Rev. Nutr.**, v.19, n.5, p.563-571, 2006.

FERREIRA, S. M. R.; OLIVEIRA, P. V.; PRETTO, D. Parâmetros de qualidade do pão francês. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 19, n. 2, p. 301-318, 2001.

FERREIRA, S. M. R. **Controle da qualidade em sistemas de alimentação coletiva I**. São Paulo: Varela, 2002. 173 p.

FONSECA, E. W. N. **Elaboração da mucilagem do inhame (*Dioscorea spp*) como melhorador na produção de pão de forma**. Lavras, 2006, 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FUKE, G. **Uso de grãos de cevada: caracterização bromatológica de cultivares e resposta biológica de ratos em crescimento**. Santa Maria, 2007, 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

GERMANI, R. Qualidade de farinha de trigo e panificação. In: SEMANA ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS, 2003, Rio de Janeiro. **Apostila...**, UFRuralRJ, 74 p. 9., 2003.

GILL, S. et al. Wheat Bread Quality as Influenced by the Substitution of Waxy and Regular Barley Flours in Their Native and Cooked Forms. **Journal of Cereal Science**, London, v. 36, n. 2, p. 239–251, sept. 2002.

GUTKOSKI, L. C. et al. Efeito de melhoradores nas propriedades reológicas e de panificação da massa de farinha de trigo. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 17, n. 1, p. 11-16, 1997.

GUTKOSKI, L. C.; JACOBSEN NETO, R. Procedimento para teste laboratorial de panificação – pão tipo forma. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 5, p. 873-879, 2002.

GUTKOSKI, L. C. et al. Efeito de ingredientes na qualidade da massa de pão de forma congelada não fermentada durante o armazenamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, p. 460-467, 2005.

IZYDORCZYK, M. S; HUSSAIN, A.; MACGREGOR, A. W. Effect of barley and barley components on rheological properties of wheat dough. **Journal of Cereal Science**, London, v. 34, n. 3, p. 251–260, nov. 2001.

KATINA, K. et al. Effects of sourdough and enzymes on staling of high-fibre wheat bread. **LWT**, v. 39, p. 479-491, 2006.

KNUCKLES, B. E. et al. Effect of B-Glucan Barley Fractions in High-Fiber Bread and Pasta. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 42, n. 2, p. 94-99, feb. 1997.

MAYER, E. T. et al. Caracterização nutricional de grãos integrais e descascados de cultivares de cevada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 11, p. 1635-1640, 2007.

MOINHO RIO NEGRO. **Apostila de panificação**. Curitiba, 1997. Não paginado.

MOURA, N. C. **Características físico-químicas, nutricionais e sensoriais de pão de forma com adição de grãos de linhaça (*Linum usitatissimum*)**. Piracicaba, 2008, 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

NEWMAN, R. K. et al. Comparison of the cholesterol-lowering properties of whole barley, oat bran and wheat red dog in chicks and rats. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 69, p. 240-244, 1992.

NEWMAN, R. K. et al. Fiber enrichment of baked products with a barley milling fraction. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 43, p. 23-25, 1998.

NUNES, J. C. **Modificações enzimáticas em pães brancos e pães ricos em fibras: impactos na qualidade**. 2008, 119 f.. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

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

POMERANZ, Y. **Modern Cereal Science and Technology**. New York: VHC Publishers, 1987. 486 p.

SAS Institute Inc. **SAS user's guide: statistics**. 5th ed. Cary NC, 1985. 965 p.

SYMONS, L. J.; BRENNAN, C.S. The Influence of (1→3) (1→4)- β -D-Glucan-rich fractions from barley on the physicochemical properties and in vitro reducing sugar release of white wheat breads. **Journal of food science**, v. 69, n. 6, 2004.

UNIVERSIDADE DE CAMPINAS. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 2.ed. Campinas: NEPA – UNICAMP, 2006. 113 p.

UROOJ, A.; VINUTHA, S. R.; SHASHIKALA, A. Effect of barley incorporation in bread on its quality and glycemic responses in diabetics. **International Journal of Foods sciences and nutrition**, v. 49, p. 265-270, 1998.

WOOD, P. J. et al. Comparisons of viscous properties of oat and guar gum and the effects of these and oat bran on glycemic index. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 38, p. 753–757, 1990.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A consciência dos efeitos benéficos atribuídos a uma alimentação saudável e a busca da indústria alimentícia por novas fontes de nutrientes são uma tendência irreversível, nos dias atuais. O interesse por fontes nutricionais alternativas justifica maiores esforços em investigar o potencial das mesmas enquanto produtos ou ingredientes para formulação de produtos, em especial os de uso popular, como os pães, componente do hábito alimentar do brasileiro e da maioria dos povos. Neste contexto, a cevada com seus compostos nutricionais, os quais se destacam os teores de fibra alimentar, incluindo fibra solúvel, surge como opção para o enriquecimento de produtos.

Os resultados indicam que a cevada alterou as características reológicas das farinhas mistas. A absorção de água da massa aumentou, enquanto que a tolerância da mistura diminuiu com o incremento de farinhas de cevada, devido à diluição do glúten.

A composição de nutrientes foi mantida e os níveis de fibra alimentar aumentaram. Pães contendo até 30% de farinha de cevada e 10% de farinha de cevada integral, mantiveram a maciez em relação aos respectivos pães controle. Observou-se uma diminuição no volume dos pães com crescentes níveis de substituição de farinha de trigo por cevada. Pães contendo até 30% de farinhas de cevada apresentaram qualidade de panificação desejável e todos os pães foram bem aceitos pelos consumidores, no teste de aceitabilidade.

Levando-se em consideração os efeitos benéficos da cevada, tais como regulador intestinal, redução dos níveis sanguíneos e do colesterol sérico, entre outros, e os nutrientes presentes neste cereal, pães adicionados de até 30% de cevada, sob a forma de farinha, apresentaram boa qualidade e possibilidade de serem produzidos e posteriormente, comercializados.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC - American Association of Cereal Chemists. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. St. Paul, 1995.

AACC - American Association of Cereal Chemists, American Association of Cereal Chemists, Report by the AACC Dietary Fiber Technical Committee. All dietary fiber is fundamentally functional. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 48, n. 3, p. 128–132, May/June 2003.

AMABILE, R. F. **A evolução das pesquisas com a cevada no Brasil**. Fevereiro, 2009. Disponível em <<http://www.agrosoft.org.br/agropag/103677.htm>> Acesso em 22 julho 2008.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 354, de 18 de julho de 1996**. Norma técnica referente à farinha de trigo. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em 20 abril 2007.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria RDC nº 90, de 18 de outubro de 2000**. Aprova regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade do pão. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 15 jul. 2007.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Instrução normativa nº. 8, de 2 de junho de 2005**. Regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 15 jul. 2007.

AQUARONE, E. et al. **Biotechnologia industrial**: biotecnologia na produção de alimentos. 1ª. ed. São Paulo: Edgar Blücher, v. 4., p. 365-395, 2001.

ARNDT, E. A. Whole-Grain Barley for Today's Health and Wellness Needs. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 51, n. 1, p. 20-22, Jan./Feb. 2006.

AUTIO, K. et al. Heat-induced structural changes in acid-modified barley starch dispersions. **Food Structure**, Ottawa, v. 11, p. 315–322, May 1992.

BAIK, B. K.; ULLRICH, S. E. Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest. **Journal of Cereal Science**, London, v. 47, n. 1, p. 1-10, Jan./Feb. 2008.

BAIK, B. K.; CZUCHAJOWSKA, Z. Barley in udon noodles Tallarines elaborados con cebada. **Food Science and Technology International**, Olsztyn, v.3, p. 423, Jan. 1997.

BATTOCHIO, J. R. et al. Perfil Sensorial de pão de forma integral. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 428-433, Jan. 2006.

BEHALL, K.M. et al. Diets containing barley significantly reduce lipids in mildly hypercholesterolemic men and women. **American Journal of Clinical Nutrition**, Houston, v. 80, n. 5, p. 1185-1193, Nov. 2004.

BEHALL, M. K.; SCHOLFIELD, D. J.; HALLFRISCH, J. G. Barley b-glucan reduces plasma glucose and insulin responses compared with resistant starch in men. **Nutrition Research**, Cambridge, v. 26, p. 644– 650, Dec. 2006.

BHATTY, R. S. Physicochemical and functional (breadmaking) properties of hull-less barleys fractions. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 63, p. 31, Jan./Febr.. 1986.

BHATTY, R. S.; MCGREGOR, A. W.; ROSSNAGEL, B. G. Total and acid-soluble b-glucan content of hull-less barley and its relationship to acid-extract viscosity. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 68, p. 221-227, May/Jun. 1991.

BHATTY, R. S. Physicochemical properties of roller-milled barley bran and flour. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 70, n. 4, p. 397-402, May/June 1993.

BHATTY, R. S. B-glucan and flour yield of hull-less barley. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 76, p. 314-315, Mar./Apr. 1999.

BLOKSMA, A. H. Dough structure, dough rheology, and baking quality. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 35, p. 237-244, Jul./Aug. 1990.

BORGES, J. T. S. et al. Utilização de farinha mista de aveia e trigo na elaboração de bolos. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 24, n. 1, p. 145-162, Jan./Jun. 2006.

BOURDON, I. et al. Postprandial lipid, glucose, insulin and cholecystokinin responses in men fed barley pasta enriched with b-glucan. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 69, p. 55–63, Jan. 1999.

BRENNAN, C. S.; CLEARY, L. J. The potencial use of cereal (1-3, 1-4)-B-D-glucans as functional food ingredients. **Journal of Cereal Science**, London, v. 42, n. 1, p. 1-13, Jul. 2005.

CAMARGO, C. R. O.; CAMARGO, C. E. G. Trigo: avaliação tecnológica e novas linhagens. **Bragantia**, Campinas, v. 46, n. 2, p. 169-181, Dec. 1987.

CAVALLERO, A. et al. High (1→3,1→4)-B-Glucan barley fractions in bread making and their effects on human glycemic response. **Journal of Cereal Science**, London, v. 36, n. 1, p. 59–66, Jul. 2002.

CARVALHO, D. Controle de qualidade de trigo e derivados e tratamento e tipificação de farinhas. Granotec do Brasil. **Apostila**. Curitiba, 1999. Não paginado.

CICHELO, M. S. F., PAVANELLI, A.P. Emulsificantes em panificação. **Engenharia de Alimentos**, n. 8, p. 20-24, Dez. 1996.

PAVANELLI, A., P. **Aditivos para panificação: conceitos e funcionalidade**. ABIAM - Associação Brasileira da Indústria de Aditivos e Melhoradores para Alimentos e Bebidas. Artigo técnico Oxiteno. 2000.

CLEARY, L. J.; ANDERSSON, R.; BRENNAN, C. S. The behaviour and susceptibility to degradation of high and low molecular weight barley b-glucan in wheat bread during baking and in vitro digestion. **Food Chemistry**, London, v. 102, n. 3, p. 889–897, Jan. 2007.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Champagnat, 1996. 122 p.

EL-DASH, A. Standardized mixing and fermentation procedure for experimental baking test. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 55, n. 4, p. 436-446, Jul./Aug. 1982.

EL-DASH, A.; CAMARGO, C. O.; DIAZ, N. M. **Fundamentos da tecnologia de panificação**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciências e Tecnologia. (Série Tecnologia Agroindustrial, 6), 1982. 349 p.

EL-DASH, A. A. **Panificação: tecnologia, processamento e controle**. Campinas: Unicamp, 1990. Não paginado.

EL-DASH, A.; GERMANI, R. **Tecnologia de farinhas mistas**: uso de farinha mista de trigo e milho na produção de pães. Brasília: EMBRAPA - SPI, v. 2, 1994. 81 p

ELÍAS, J. R.; CONDÉ, A. P. El proceso de panificación: etapas fundamentales y papel de la harina en las mismas. **Alimentaria**, Madrid, v. 22, p. 17-32, May/June 1985.

ENGLYST, H. N.; KIGMAN, S. M.; CUMMINGS, J. H. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. **European Journal Clinical Nutrition**, London, v.46, p.33- 50, Jan. 1992.

FARAJ A. A.; VASANTHAN A. T.; HOOVER B. R. The effect of extrusion cooking on resistant starch formation in waxy and regular barley flours. **Food Research International**, Guelph, v. 37, p. 517–525, June 2004.

FERNANDES, A. F. **Utilização da farinha de casca de batata na elaboração de pão integral**. Lavras, 2006, 127 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FERREIRA, S. M. R.; OLIVEIRA, P. V.; PRETTO, D. Parâmetros de qualidade do pão francês. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 19, n. 2, p. 301-318, Jul./Dez. 2001.

FONSECA, E. W. N. **Elaboração da mucilagem do inhame (Dioscorea spp) como melhorador na produção de pão de forma**. 2006. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FUKE, G. **Uso de grãos de cevada: caracterização bromatológica de cultivares e resposta biológica de ratos em crescimento**. Santa Maria, 2007, 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

GERMANI, R. Qualidade de farinha de trigo e panificação. In: SEMANA ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS, 9., 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, UFRuralRJ, 2003. 74 p.

GILL, S. et al. Wheat Bread Quality as Influenced by the Substitution of Waxy and Regular Barley Flours in Their Native and Cooked Forms. **Journal of Cereal Science**, London, v. 36, n. 2, p. 239–251, Sept. 2002.

GRANOTEC DO BRASIL. **Controle de qualidade de trigo e derivados, tratamentos e tipificação de farinhas**. São Paulo: Granotec, 2000. 97 p.

GUJRAL, H. S., GAUR, S., ROSE, L. C. M. Note: Effect of Barley Flour, Wet Gluten and Ascorbic Acid on Bread Crumb Texture. **Food Science and Technology International**, Olsztyn, v. 9; p. 17, Febr. 2003.

GUTKOSKI, L. C. et al. Efeito de melhoradores nas propriedades reológicas e de panificação da massa de farinha de trigo. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, v. 3 p. 11-16, Set./Dez.1997.

GUTKOSKI, L. C.; ROSA FILHO, O.; TROMBETTA, C. Correlação entre o teor de proteínas em grãos de trigo e a qualidade industrial das farinhas. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 20, n. 1, p. 29-40, Jan./Jun. 2002.

HELM, C. V.; DE FRANCISCO, A.. Chemical characterization of Brazilian hullless barley varieties, flour fractionation, and protein concentration. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 6, Nov./Dec. 2004.

HOSENEY, R. C. **Principios de ciencia y tecnologia de los cereales**. Zaragoza: Editorial Acribia,1991. 246 p.

IZYDORCZYK, M. S; HUSSAIN, A.; MACGREGOR, A. W. Effect of Barley and Barley Components on Rheological Properties of Wheat Dough. **Journal of Cereal Science**, London, v. 34, n. 3, p. 251–260, Nov. 2001.

IZYDORCZYK, M. S. et al. Physicochemical properties of hull-less barley fibre-rich fractions varying in particle size and their potential as functional ingredients in two-layer flat bread. **Food Chemistry**, London, v. 108, n. 2, p. 561–570, May 2008.

JENKINS, D. J. et al. Fiber and starchy foods: gut function and implications in disease. **American Journal of Gastroenterology**, Omaha, v. 81, p. 920–930, Aug. 1985.

KAWKA, A.; GORECKA, D.; GASIOROWSKI, H. The effects of commercial barley flakes on dough characteristics and bread composition. **Food science and Technology**, Tallahassee, v. 2, n. 2, p. 1-8, Nov. 1999.

KNUCKLES, B. E. et al. Effect of B-Glucan Barley Fractions in High-Fiber Bread and Pasta. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 42, n. 2, p. 94-99, Febr. 1997.

LAAKSONEN, T. I. **Effects of Ingredients on phase and state transitions of frozen wheat dough**. Helsink, 2001, 69 f. Academic Dissertation. University Helsinki - Faculty of Agriculture and Forestry, Helsink.

LAZARIDOU, A.; BILIADERIS, C. G.. Molecular aspects of cereal β -glucan functionality: Physical properties, technological applications and physiological effects. **Journal of Cereal Science**, London, v. 46, n. 2, p. 101–118, Sept. 2007.

LI, J. et al. Effects of barley intake on glucose tolerance, lipid metabolism, and bowel function in women. **Nutrition Journal**, London, v. 19, n. 11/12, p. 926-929, Nov./Dec. 2003.

LOBO, A. R.; SILVA, G. L. L. Amido resistente e suas propriedades físico-químicas. **Revista Nutrição**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 219-226, Abr./Jun. 2003

LOCKHART, H.B.; HURT, D.H. **Nutrition of oats**. In: WEBSTER, F.H. (Ed.) *Oats: Chemistry and technology*, St Paul: AACC, 1986. p. 297-308.

MCINTOSH, G. H. et al. Barley and wheat foods: influence on plasma cholesterol concentrations in hypercholesterolemic men. **American Journal of Clinical Nutrition**, Houston, v. 53 p. 1205–1209, May 1991.

MACGREGOR, A.W.; FINCHER, G.B. Carbohydrates of the barley grain. In: MACGREGOR A.W.; BHATTY R.S. (Ed.). St Paul: AACC, 1993. p. 73–130.

MALCOLMSON, L., NEWKIRK, R., CARSON, G. **Expanding opportunities for barley food and feed through product innovation**. In: NORTH AMERICAN BARLEY RESEARCHES WORKSHOP, Jul. 2005.

MINELLA, E. Cevada brasileira: situação & perspectivas. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co2t1.htm. Acesso nem 04/08/2007.

MOINHO RIO NEGRO. **Apostila de panificação**. Curitiba, 1997.

NEWMAN, R. K.; NEWMAN, C. W. Barley as a food grain. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 36, p. 800-805, May/Apr. 1991.

NEWMAN, R. K et al. Comparison of the cholesterol-lowering properties of whole barley, oat bran and wheat red dog in chicks and rats. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 69, p. 240-244, May/June 1992.

NEWMAN, R. K. et al. Fiber enrichment of baked products with a barley milling fraction. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 43, p. 23-25, Jan./Febr. 1998.

NEWMAN, C. W.; NEWMAN, R. K. A brief history of barley foods. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 51, p. 4–7, Jan./Febr. 2006.

NNING, O. G., WALLMARK, A., PERSSON, M., A. Consumption of oat milk for 5 weeks lowers serum cholesterol and LDL cholesterol in free-living men with moderate hypercholesterolemia. **Annals of Nutrition and Metabolism**, v. 43, p. 301–309, 1999.

NUNES, A. G. et al. Processos enzimáticos e biológicos na panificação. **Apostila**. [nl], 2006.

OSCARSSON, M. et al. Chemical composition of barley samples focusing on dietary fibre components. **Journal of Cereal Science**, London, v.24, n. 2, p.161-170, Sept. 1996.

PAVANELLI, A., P. **Aditivos para panificação: conceitos e funcionalidade**. ABIAM - Associação Brasileira da Indústria de Aditivos e Melhoradores para Alimentos e Bebidas. Artigo técnico Oxiteno, 2000.

PEREIRA, J. **Tecnologia e qualidade de cereais (arroz, trigo, milho e aveia)**. Lavras: UFLA/FAEPE (Textos Acadêmicos. Curso de Especialização Lato Sensu), 2002. 130 p.

PEREIRA, J. M.; et al. Propriedades tecnológicas de pães preparados com farinha de arroz de baixa amilose e transglutaminase. In: XVII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, X ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO. **Anais...**Pelotas. Nov. 2008.

PICK M. E. et al. Barley bread products improve glycemic control of type 2 diabetic subjects. **International Journal of Food Science and Nutrition**, London, v. 49, n. 1, p.71–80, Jan. 1998.

POMERANZ, Y. **Modern Cereal Science and Technology**. New York: VHC Publishers, 1987. 486 p.

PRENTICE, N.; D'APPOLONIA, B. L. D. High-fiber bread containing brewer's spent grain. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 54, p. 1084–1095, Jan./Febr. 1977.

PYLER, E. J. **Baking: science & technology**. 3rd ed. Kansas: Sosland Publishing Company, 1988. v. 2. 1346 p.

QUAGLIA, G. **Ciencia y tecnología de la Panificación**. Zaragoza: Acribia, 1991. 485 p.

QI, J. C.; ZHANG, G. P.; ZHOU, M. X. Protein and hordein content in barley seeds as affected by nitrogen level and their relationship to beta-amylase activity. **Journal of Cereal Science**, London, v. 43, n. 1, p. 102–107, Jan. 2006.

QUEJI, M. F. D.; SCHEMIN, M. H. C.; TRINDADE, J. L. F. Propriedades reológicas da massa de farinha de trigo adicionada de alfa-amilase. Publ. UEPG Ci. Exatas Terra, **Ciência Agrícola Engenharia**, v. 12, n. 2, p. 21-29, Ago. 2006.

RAO G.V.; RAO P.H. Methods for determining rheological characteristics of doughs: a critical evaluation. **Journal of Science Technology**, Zambia, v. 30, n. 2, p.77-87, Jul./Aug.1993.

ROMANO, A. L. R. **Controle de qualidade voltado para a panificação**. Apostila. [nl], 1990.

SHEWRY, P. R. et al. Storage protein formation in normal and high lysine barley. **Carbohydrate and Protein Synthesis**, Luxembourg, p. 155-171, Jan. 1978.

UROOJ, A.; VINUTHA, S. R.; SHASHIKALA, A. Effect of barley incorporation in bread on its quality and glycemic responses in diabetics. **International Journal of Food sciences and nutrition**, London, v. 49, p. 265-270, July 1998.

XUE, Q. et al. Influence of the Hulless, Waxy Starch and Short-awn Genes on the Composition of Barleys. **Journal of Cereal Science**, London, v. 26, n. 2, p. 251–257, Sept. 1997.

WANG, J.; ROSELLA, C. M.; BARBERA, C. B. Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. **Food Chemistry**, London, v. 79, n. 2, p. 221–226, Feb. 2002.

WOOD, P. J. **Physicochemical characteristics and physiological properties of oat (1-3) (1-4) -D-glucan**. In: Oat bran. St. Paul, Minn.: AOAC. p. 83–112, 1993.

WOOD, P. Evaluation of oat bran as a soluble fiber source. Characterization of oat β -glucan and its effects on glycaemic response. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 25, p. 331-336, Nov./Dec. 1994.

WOOD, P. J.; BEER, M. U.; BUTLER, G. Evaluation of the role of concentration and molecular weight of oat β -glucan in determining effect of viscosity on plasma glucose and insulin following an oral glucose load. **Brazilian Journal of Nutrition**, Campinas, v. 84, p. 19–23, July/Aug. 2000.

WOOD, P. J. Cereal β -glucans in diet and health. **Journal of Cereal Science**, London, v. 46, n. 3, p. 230–238, Nov. 2007.

YALÇIN, E. et al. Effects of genotype and environment on β -glucan and dietary fiber contents of hull-less barley grown in Turkey. **Food Chemistry**, London, v. 101, n. 1, p. 171-176, May 2007.

6 APÊNDICES

APÊNDICE I

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA – UFSM
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS – PPGCTA

AVALIAÇÃO SENSORIAL

Nome: _____

Data: ___/___/___

Faixa etária: até 20 anos () até 30 anos () acima de 30 anos ()

Você está recebendo 5 amostras codificadas de pães. Por favor, prove as amostras e em seguida, avalie-as utilizando a escala abaixo pra indicar o quanto você gostou ou desgostou do produto:
Marque com um **X** a posição que melhor reflita seu julgamento.

	284	526	193	423	971
Gostei muitíssimo					
Gostei muito					
Gostei					
Não gostei / Nem desgostei					
Desgostei					
Desgostei muito					
Desgostei muitíssimo					

Figura 1A - Modelo de ficha de resposta da avaliação sensorial, utilizando-se a escala hedônica de sete pontos, para o teste de aceitação.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA – UFSM
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIENCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS – PPGCTA

AVALIAÇÃO SENSORIAL – QUALIDADE DO PÃO

Nome: _____ Data: _____ Amostra: _____

CARACTERÍSTICAS EXTERNAS	VALOR MÁXIMO	NOTA
Volume (volume específico X 3,33)	20	-----
Cor da crosta (fatores indesejáveis: não uniforme, opaca, muito clara, muito escura)	10	
Quebra (fatores indesejáveis: muito pequena, áspera, lados desiguais)	05	
Simetria (fatores indesejáveis: laterais, pontas e parte superior desiguais)	05	
SUBTOTAL	40	

CARACTERÍSTICAS INTERNAS	VALOR MÁXIMO	NOTA
Características da crosta (fatores indesejáveis: crosta “borrachenta”, quebradiça, dura, muito grossa, muito fina)	05	
Cor do miolo (características indesejáveis: miolo cinza, opaco, desigual, escuro)	10	
Textura do miolo (fatores indesejáveis: falta de uniformidade, miolo áspero, compacto, seco)	10	
Estrutura da célula do miolo (fatores indesejáveis: falta de uniformidade, buracos muito abertos ou fechados)	10	
SUBTOTAL	35	

AROMA E SABOR	VALOR MÁXIMO	284
Aroma (fatores indesejáveis: falta de aroma, aroma desagradável, “estranho”, muito fraco ou forte)	10	
Gosto (fatores indesejáveis: ácido, “estranho”, sabor de goma ou massa, gosto residual)	15	
SUBTOTAL	25	

TOTAL	100	
--------------	------------	--

Figura 2A - Modelo de ficha aplicada à qualidade do pão

APÊNDICE II

Tabela 1B - Escala hedônica com os respectivos pesos, pontuação e notas totais do teste de aceitabilidade para os pães de forma

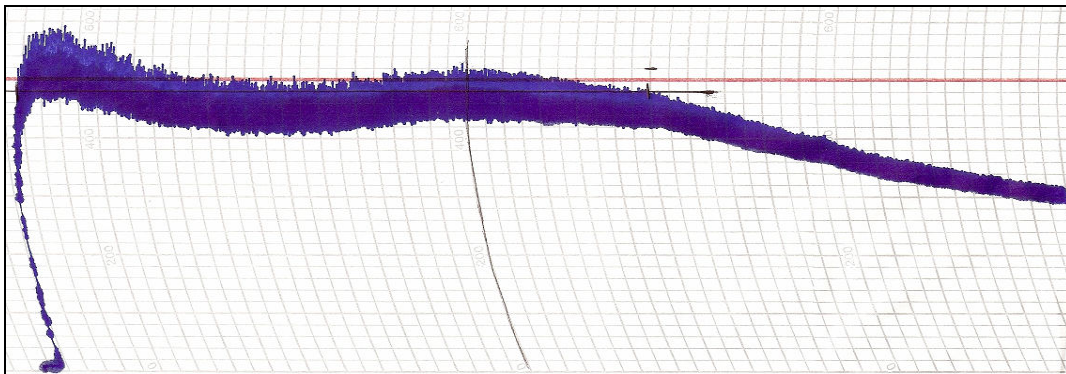
	ESCALA							TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	
	PESO							
	3	2	1	0	-1	-2	-3	
T1	90 ^a	68 ^{c,d}	31 ^{b,c}	0	-2 ^c	0 ⁽¹⁾	0 ⁽¹⁾	187 ^b
T2	78 ^{a,b}	88 ^a	28 ^{c,d}	0	-2 ^c	-2	0	190 ^a
T3	57 ^c	88 ^a	34 ^{a,b}	0	-3 ^c	0	0	176 ^b
T4	90 ^a	82 ^{a,b}	21 ^e	0	-2 ^c	-2	0	189 ^a
T5	75 ^b	84 ^{a,b}	31 ^{b,c}	0	-2 ^c	0	0	188 ^b
T6	63 ^{b,c}	80 ^b	30 ^{b,c}	0	-3 ^c	0	0	170 ^c
T7	66 ^{b,c}	82 ^{a,b}	24 ^{d,e}	0	-3 ^c	0	0	169 ^c
T8	30 ^d	72 ^c	38 ^a	0	-7 ^b	0	0	133 ^d
T9	27 ^d	68 ^{c,d}	34 ^{a,b}	0	-13 ^a	0	0	116 ^f
T10	42 ^d	62 ^d	36 ^a	0	-11 ^a	0	0	129 ^e

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste Tukey ($p < 0,05$). ⁽¹⁾ Não foram observadas diferenças estatísticas.

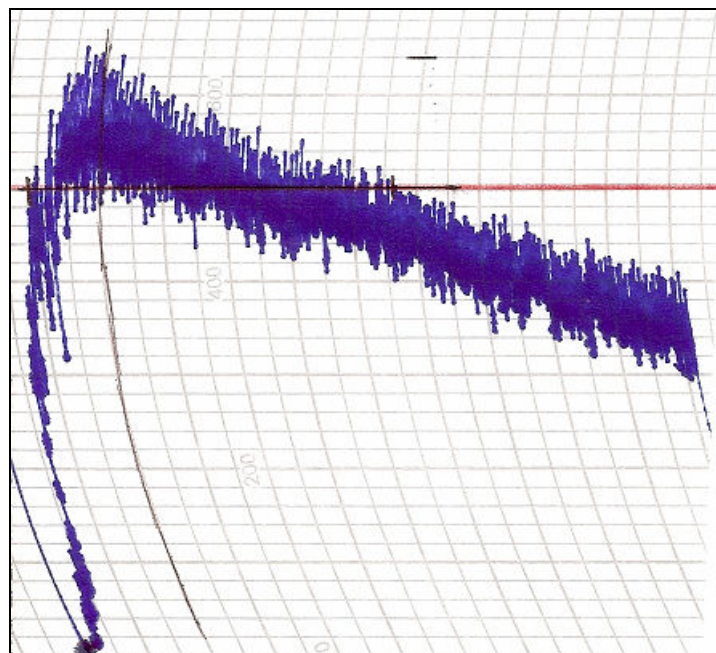
**Escala hedônica (1=gostei muitíssimo; 2=gostei muito; 3=gostei; 4=não gostei/nem desgostei; 5=desgostei; 6=desgostei muito; 7=desgostei muitíssimo).

***T1=pão branco controle; T2=pão branco+10% FC; T3=pão branco+20% FC; T4=pão branco+30% FC; T5=pão branco+40% FC; T6=pão integral controle; T7=pão integral+10% FCI; T8=pão integral+20% FCI; T9= pão integral+30% FCI; T10= pão integral+40% FCI.

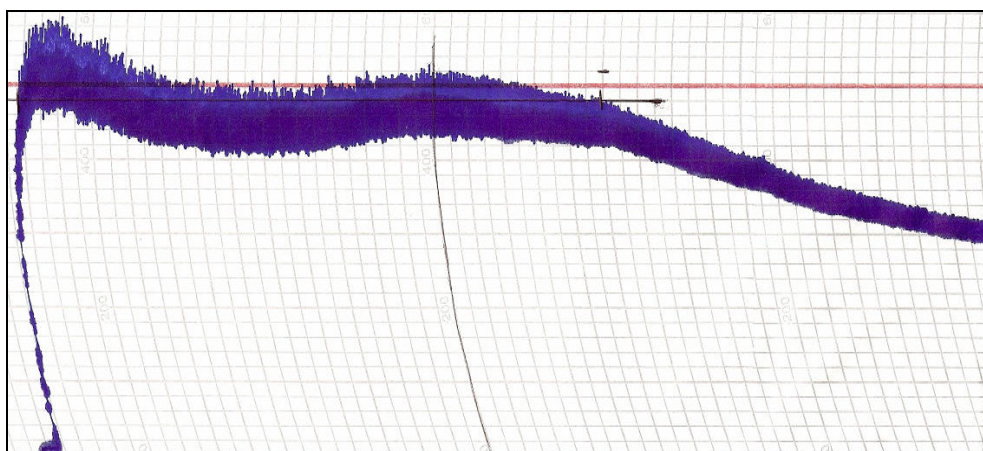
APÊNDICE II



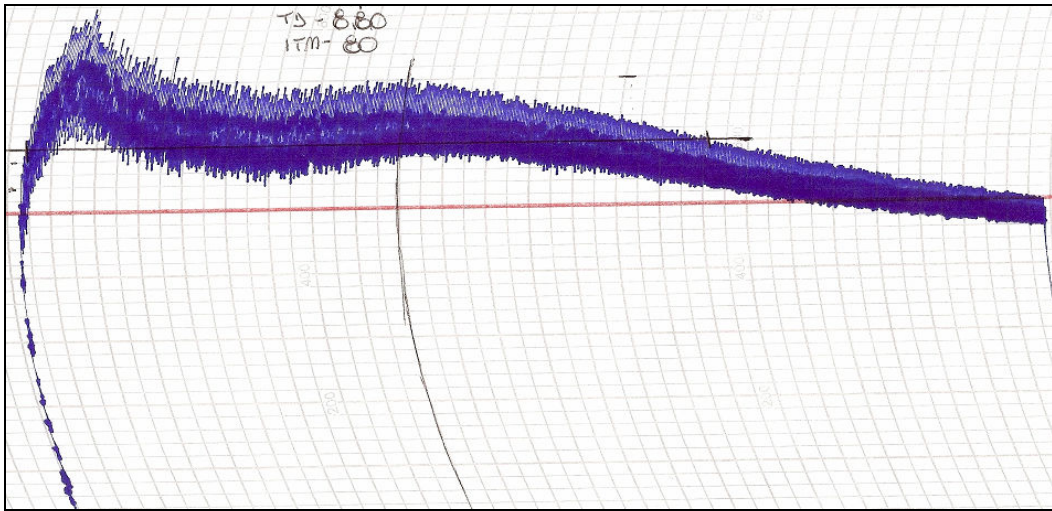
Farinha de trigo (FT)
(A)



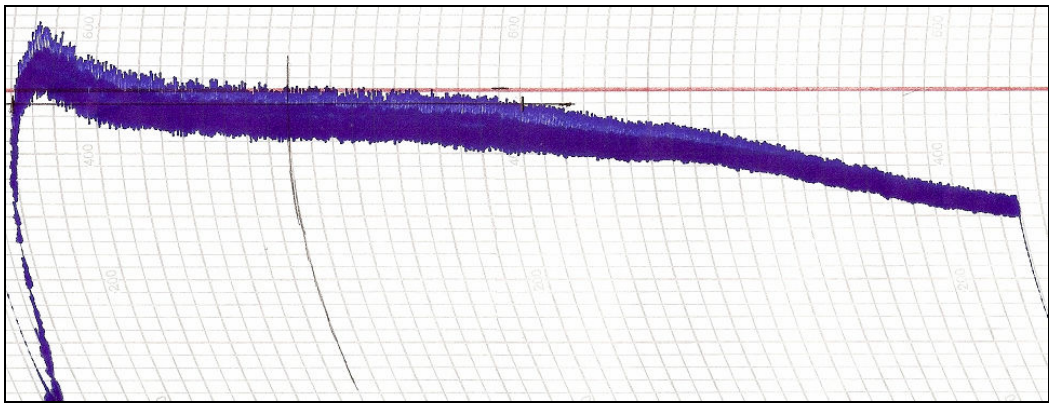
Farinha de cevada (FC)
(B)



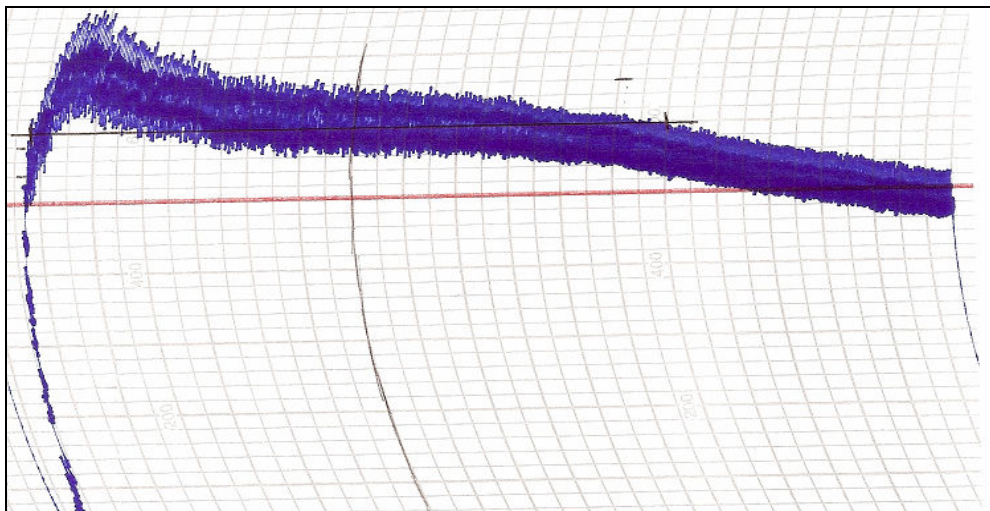
Farinha de trigo integral (FTI)
(C)



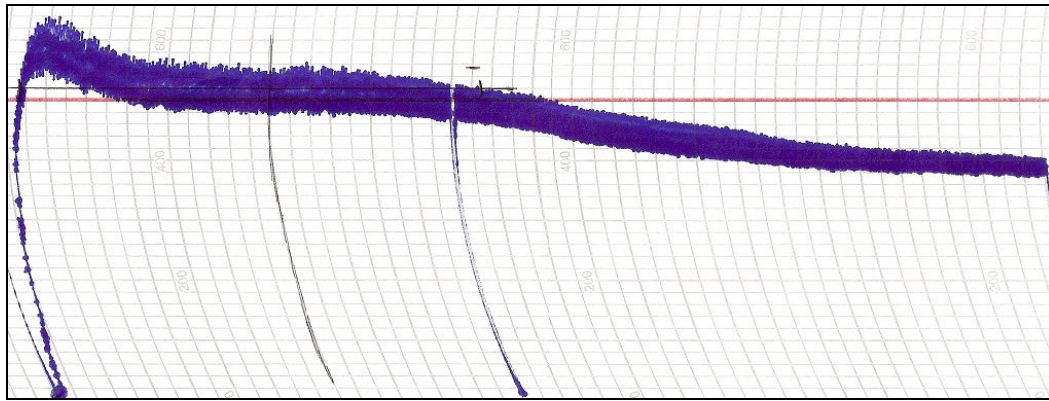
FM1 (10% FC)
(D)



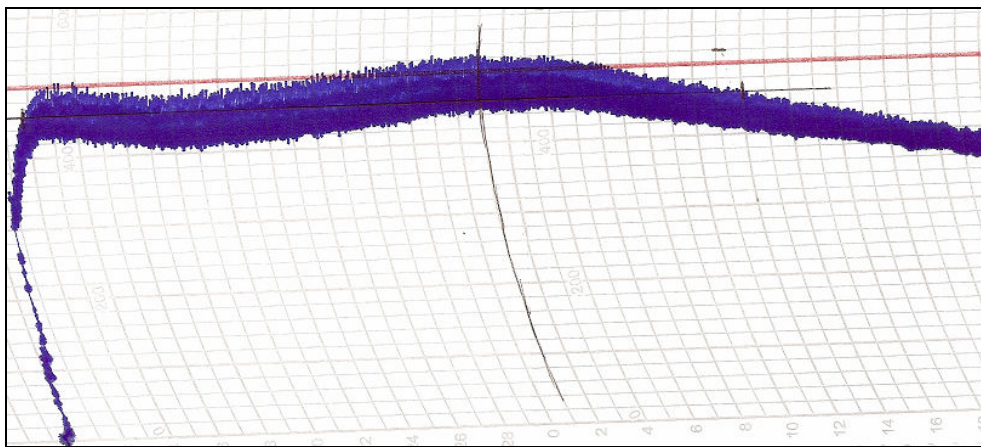
FM2 (20% FC)
(E)



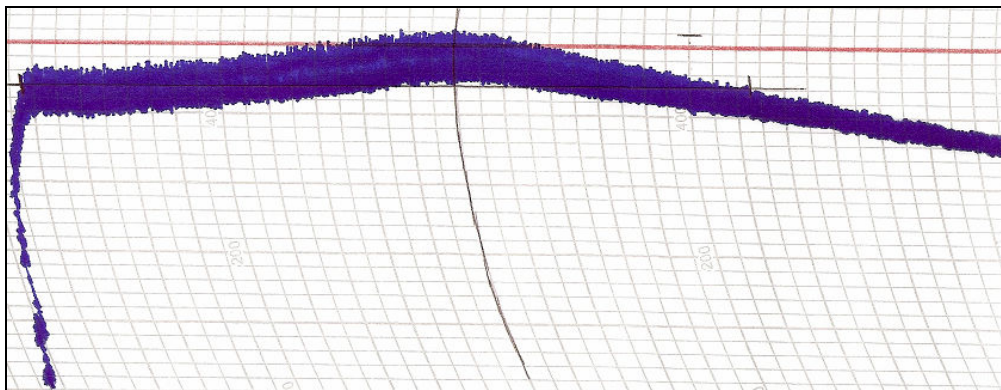
FM3 (30% FC)
(F)



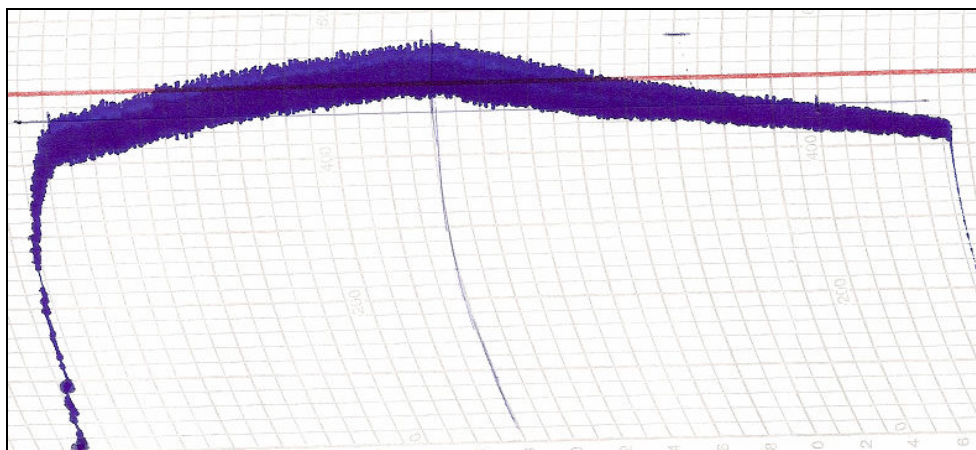
FM4 (40% FC)
(G)



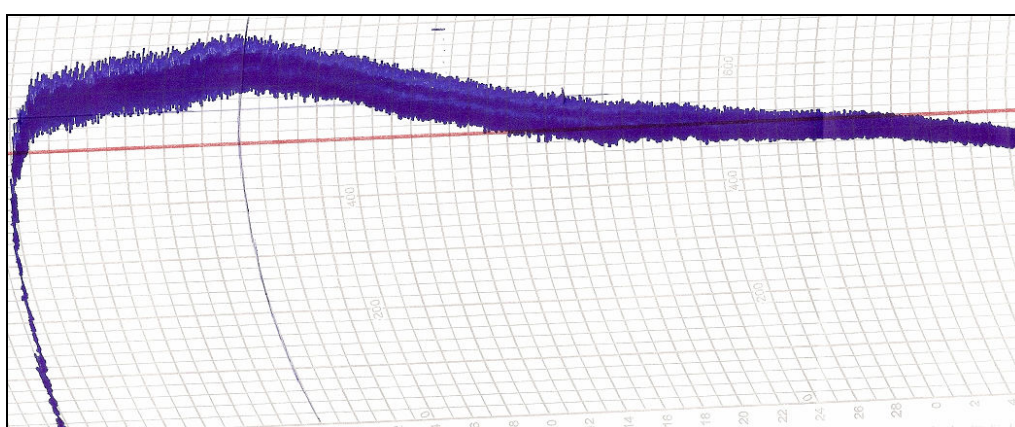
FM5 (10% FCI)
(H)



FM6 (20% FCI)
(I)

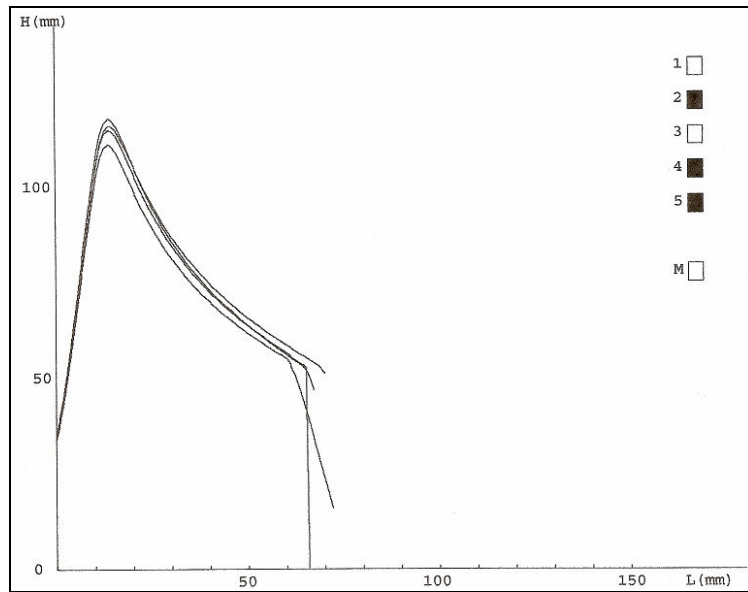


FM7 (30% FCI)
(J)

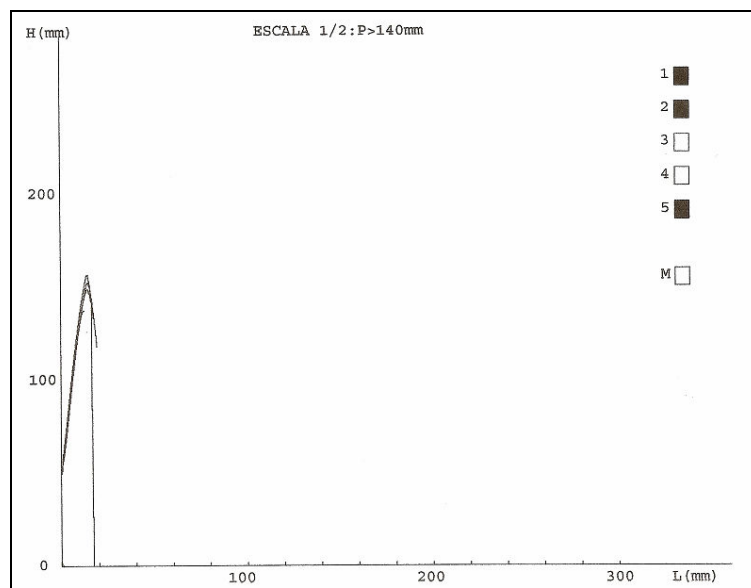


FM8 (40% FCI)
(K)

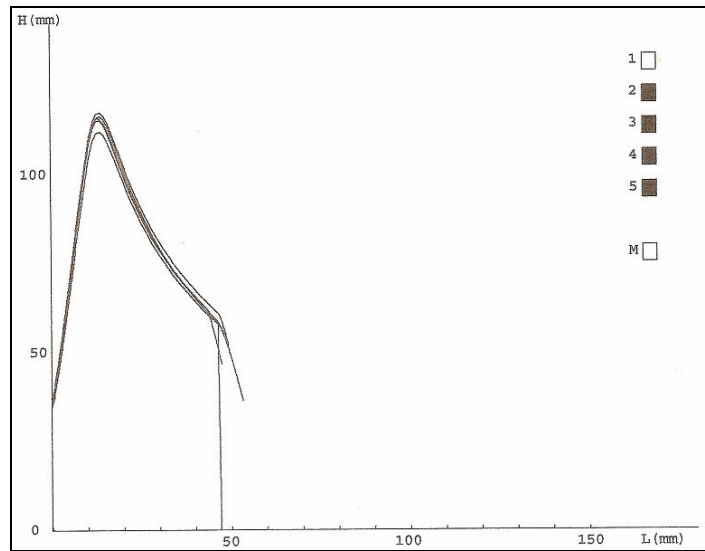
Figura 1B – Farinogramas das farinhas de trigo (A), farinha de cevada (B), farinha de trigo integral (C) e das farinhas mistas FM1 (D), FM2 (E), FM3 (F), FM4 (G), FM5 (H), FM6 (I), FM7 (J), FM8 (K).



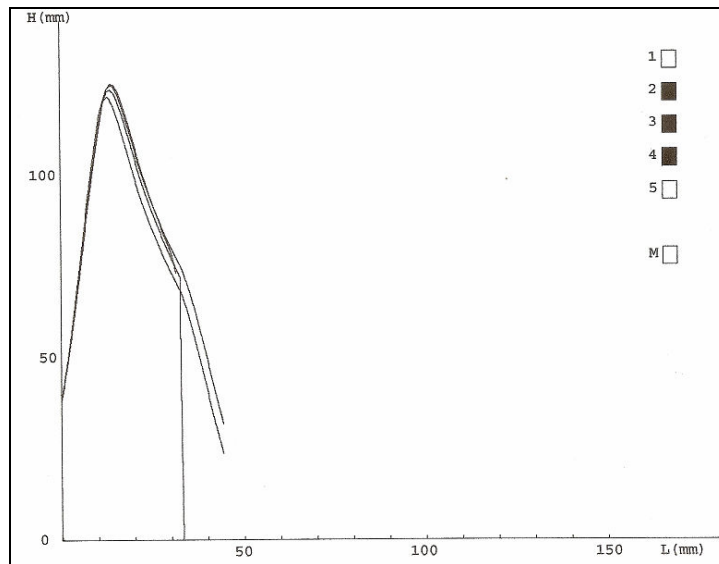
Farinha de trigo (FT)
(A)



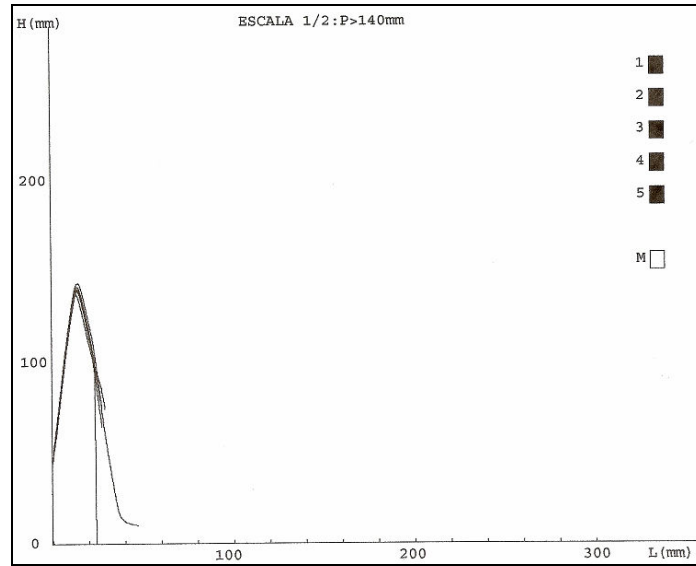
Farinha de cevada (FC)
(B)



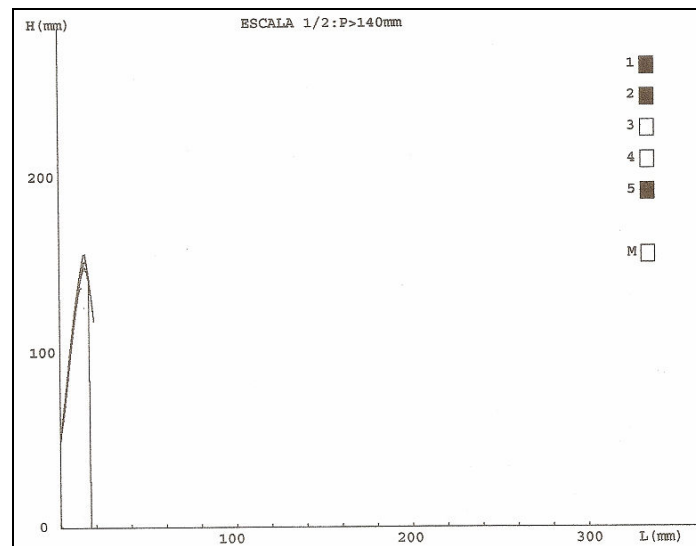
FM1 (10% FC)
(C)



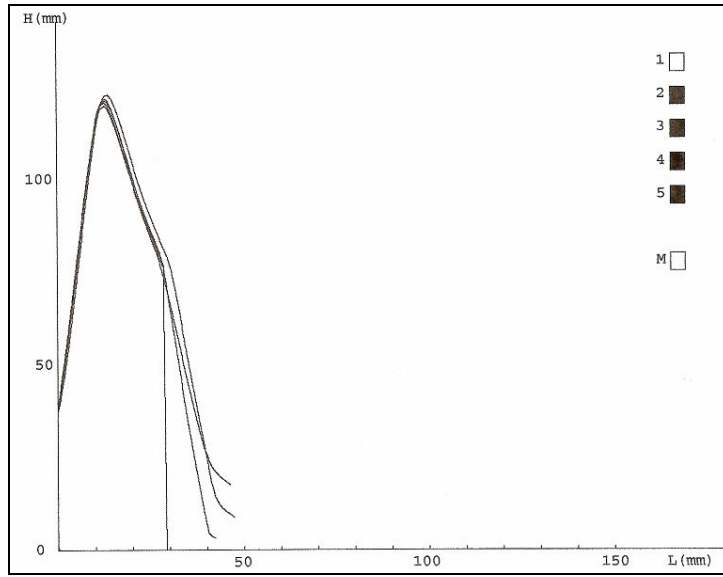
FM2 (20% farinha de cevada)
(D)



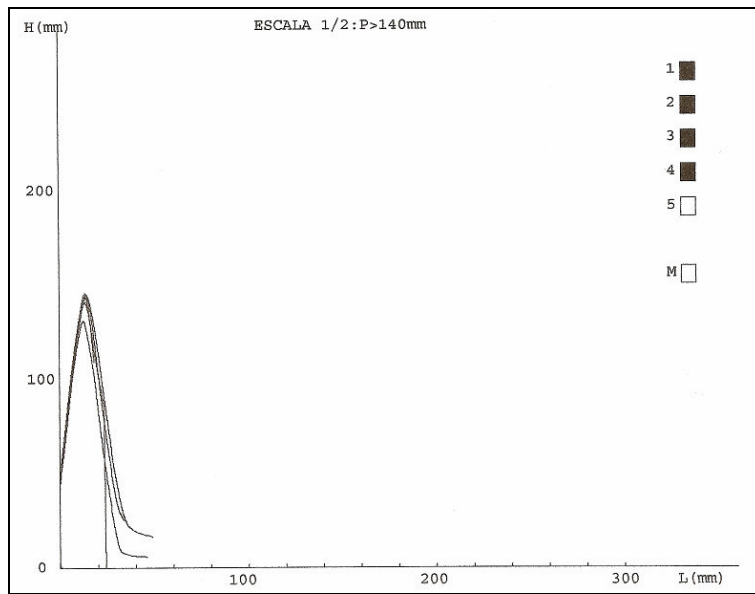
FM3 (30% FC)
(E)



FM4 (40% FC)
(F)



FM5 (10% FCI)
(G)



FM6 (20% FCI)
(H)

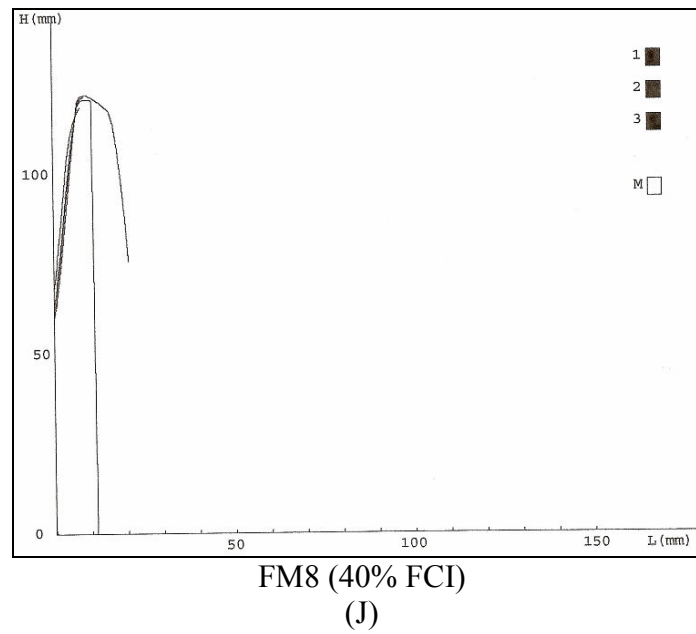
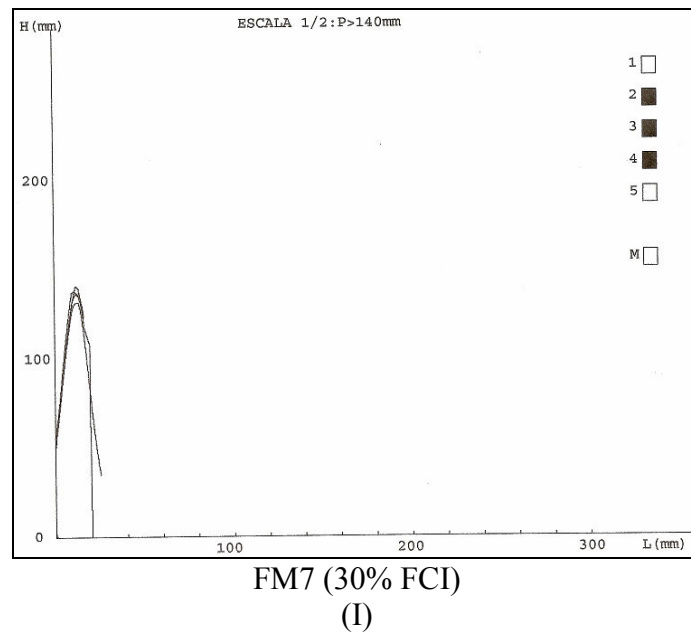
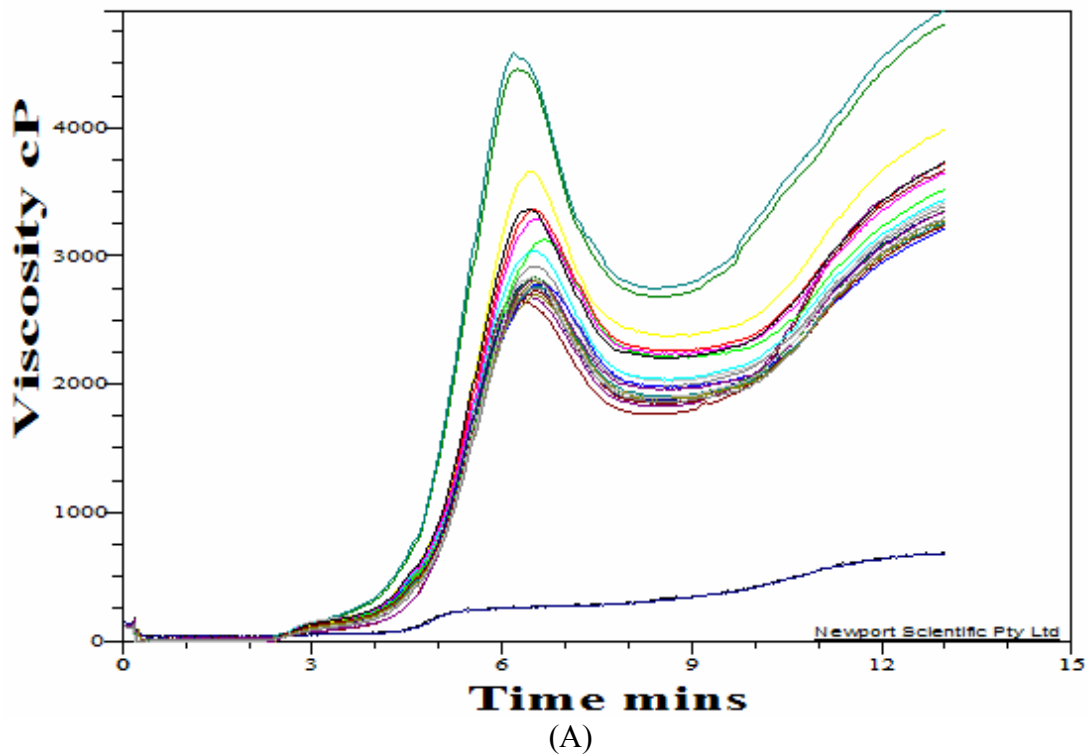


Figura 2B – Alveogramas das farinhas de trigo (A), farinha de cevada (B) e farinhas mistas FM1 (C), FM2 (D), FM3 (E), FM4 (F), FM5 (G), FM6 (H), FM7 (I), FM8 (J).

Graphical Analysis Results - 23/03/09



Graphical Analysis Results - 23/03/09

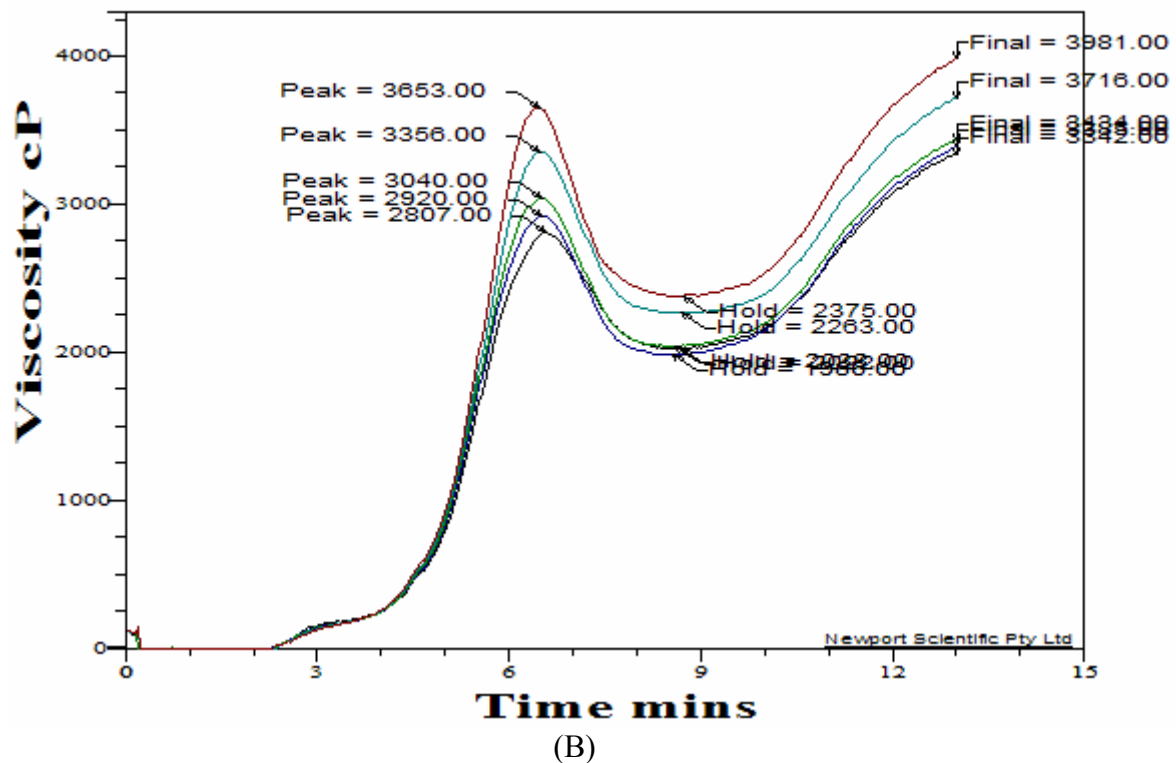
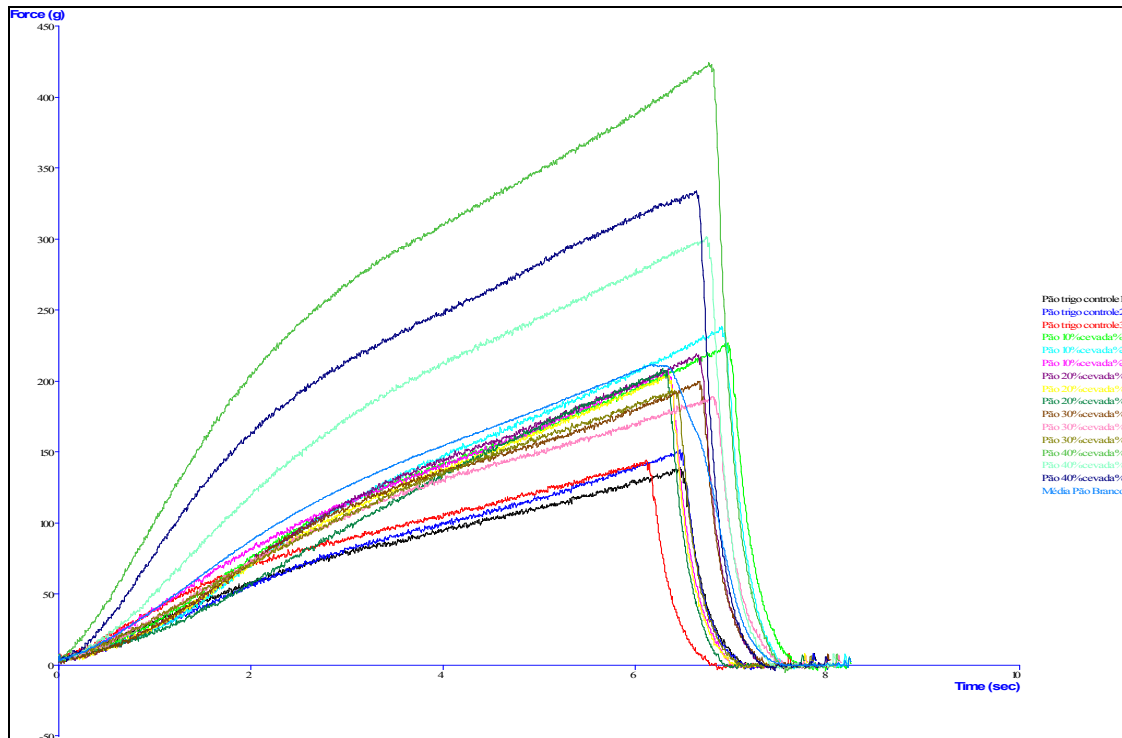
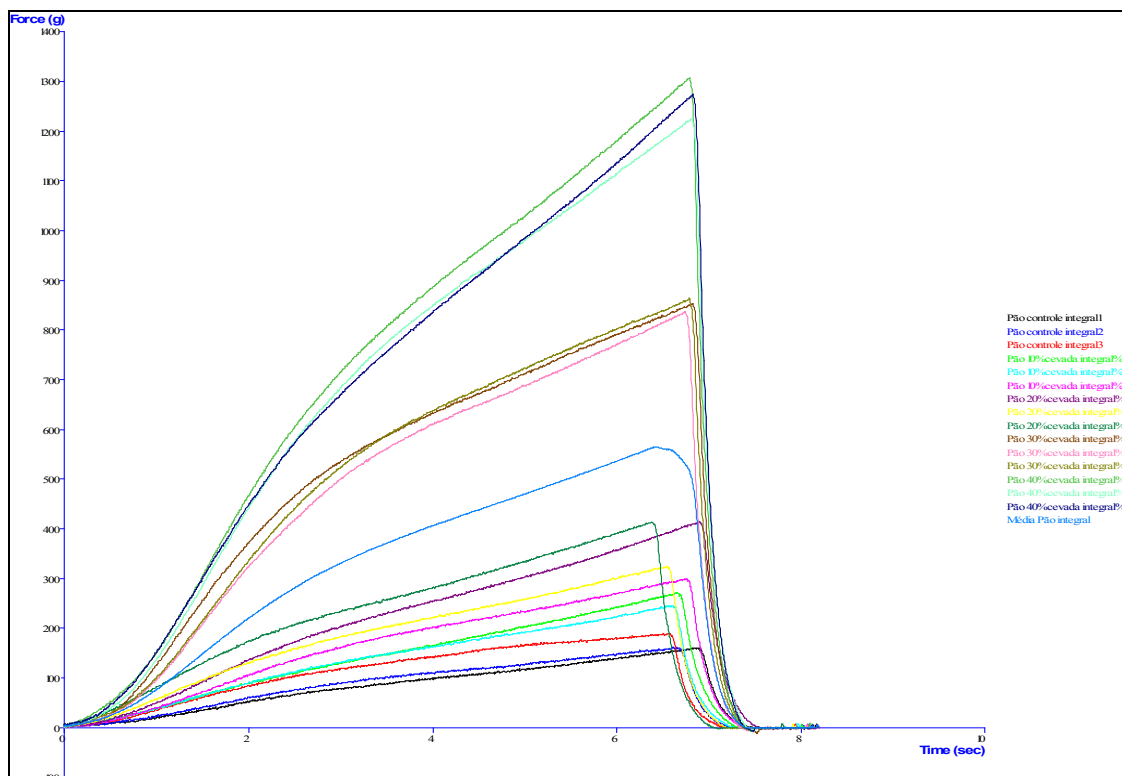


Figura 3B –Viscosidade das farinhas mistas (A) e das farinhas de cevada, de trigo, de cevada integral e de trigo integral (B).



(A)



(B)

Figura 4B – Textura (força x tempo) dos pães brancos (A) e integrais (B).