

REVIEW

TRIGO: CARACTERÍSTICAS E UTILIZAÇÃO NA PANIFICAÇÃO

**Patrícia Matos Scheuer¹, Alicia de Francisco², Martha Zavariz de Miranda³,
Valéria Maria Limberger⁴**

RESUMO

O trigo é um cereal que pode ser utilizado na elaboração de produtos, como pães, bolos, biscoitos e massas, razão por que seu consumo é incentivado. A composição química do grão de trigo (umidade, carboidratos, proteínas, lipídeos, minerais) afeta as características funcionais tecnológicas e, juntamente com as propriedades estruturais, define a qualidade da farinha de trigo. Dentre os constituintes do trigo as proteínas de reserva são o principal responsável pela funcionalidade do trigo, a fonte de destaque das propriedades viscoelásticas da massa, ou seja, o glúten, que tem papel fundamental na panificação. A composição química determina o comportamento reológico da massa que pode ser verificado através de análises reológicas, como: análise do glúten, farinografia, extensografia, análise da atividade α -amilásica e análise rápida de viscosidade.

Palavras-chave: trigo, composição, panificação

WHEAT: CHARACTERISTICS AND BAKING USE

ABSTRACT

Wheat is a cereal that has been used as raw material for the making of products like breads, cakes, cookies and pasta that are consumed on a daily basis. The functional and technological characteristics depend on the wheat grain chemical composition (moisture content, starch, proteins, lipids and ashes content). Its structural properties define the flour qualities. Proteins are responsible for the wheat functionality, which include its viscous-elastic properties, and the gluten that can be detected by baking technology tests. The dough can be determined by observing its rheological performance: farinography, extensography, analysis of α -amylase activity and rapid analysis of viscosity.

Keywords: wheat, composition, baking

Protocolo 12-2010-13 de 3 de maio de 2010

¹ Professora Titular do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – Mestre - Universidade Federal de Santa Catarina - Rod. Admar Gonzaga, 1346 – Itacorubi 88034-001 – Florianópolis, SC, Brasil – patriciamatosscheuer@hotmail.com – (48)37215369.

² Professora – Doutora - Universidade Federal de Santa Catarina, Rod. Admar Gonzaga, 1346 – Itacorubi 88034-001 – Florianópolis – SC – Brasil – aliciadf@gmail.com – (48)37215369.

³ Pesquisadora – Doutora – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Rod. BR 285, Km 294 – 99001-970 – Passo Fundo – RS – Brasil – marthaz@cnpt.embrapa.br – fone (54)33165800 – fax (54)33165802.

⁴ Doutoranda - Universidade Federal de Santa Catarina, Rod. Admar Gonzaga, 1346 – Itacorubi 88034-001 – Florianópolis, SC, Brasil – vlimberger@yahoo.com.br – (48)37215369

INTRODUÇÃO

Os cereais possuem papel fundamental na alimentação humana, a âmbito de saúde, como fonte de nutrientes e fibras e, tecnologicamente, devido às variadas formas que podem ser utilizadas para o consumo humano.

O trigo ocupa o primeiro lugar em volume de produção mundial, sendo aplicado a uma enorme diversidade de produtos. Devido à importância mercadológica e à vasta aplicabilidade do trigo, pesquisas são cada vez mais incentivadas, com o propósito de implementar melhorias focadas em determinadas áreas de atuação, como nutrição e saúde, pesquisa e desenvolvimento de novos produtos e ciência e tecnologia

O trigo é matéria-prima para a elaboração de alimentos consumidos diariamente, como hábito alimentar, na forma de pães, biscoitos, bolos e massas, alimentos que fazem parte da base da pirâmide alimentar e cujo consumo é incentivado pelo Guia Alimentar da População Brasileira, o que sinaliza um motivo de estudo relevante quanto ao entendimento da caracterização e aplicabilidade do trigo, já que é amplamente consumido e indicado à alimentação.

Trigo

Identidade

A palavra “trigo” provém do vocábulo latino *triticum*, que significa quebrado, triturado, numa referência à atividade que se deve realizar para separar o grão de trigo da camada que o reveste. O termo “trigo” destina-se tanto à planta como às sementes comestíveis dela originadas (Léon, 2007).

O trigo, pertencente à família *Poaceae*, subfamília *Pooideae* e ao gênero *Triticum*, é classificado em diferentes espécies, conforme o número de cromossomos: *Triticum monococcum* com 14 cromossomos, *Triticum durum* com 28 cromossomos e *Triticum aestivum* com 42 cromossomos (Popper et al., 2006), este último, o trigo comum.

Segundo a legislação brasileira vigente em 2009, as cultivares de trigo estão classificadas

em cinco classes, de acordo com valores de alveografia (força do glúten) e de número de queda: Trigo Brando, Trigo Pão, Trigo Melhorador, Trigo para Outros Usos e Trigo Durum e em três tipos: 1, 2 e 3, definidos em função do limite mínimo de peso do hectolitro e dos limites máximos percentuais de umidade, de materiais estranhos e impurezas e de grãos danificados (Brasil, 2001).

As diferentes variedades se distinguem pela altura das plantas, produtividade, conteúdo de endosperma, proporção de proteínas na farinha, qualidade da proteína, resistência a diversas doenças e adaptabilidade a solos ácidos, requerimentos climatológicos e pela aparência física (Abitrigo, 2008). A relação entre esses diversos fatores ambientais e os diferentes genótipos, repercute nas propriedades funcionais (Georget et al., 2008) e, principalmente, na qualidade de processamento do trigo, como moagem e elaboração dos produtos (Carcea et al., 2006), mais especificamente com relação à variação do grau de elasticidade do glúten, o que afeta sobremaneira a fermentação dos pães (Shewry et al., 1998).

O peso de mil grãos pode ser utilizado para classificar o trigo, já que grãos de tamanho excessivo não são desejados pela indústria, pois podem provocar perdas devidas às dificuldades de regulagem dos equipamentos de limpeza e moagem; em contrapartida, grãos pequenos podem passar pelas peneiras de limpeza e causar perdas na produção de farinha, pela diminuição da quantidade de trigo moído (Guarienti, 1996, apud Gutkoski et al., 2007).

Estrutura

Estruturalmente, o grão de trigo é um cariósipside, ou seja, possui semente única (Hoseney, 1991), com 6 a 8 milímetros de comprimento e 3 a 4 milímetros de largura, em que o germen e os tricomas se encontram em extremidades opostas (Quaglia, 1991). A presença de um sulco ao longo de praticamente toda a extensão longitudinal da parte ventral (lado oposto ao germen) (Hoseney, 1991) dificulta a extração da farinha apenas com processo abrasivo, utilizado para eliminar as camadas externas ao endosperma e, por isso se

opera com sucessivas triturações (Cheftel & Cheftel, 1992).

O grão de trigo é constituído, basicamente, por pericarpo (7,8 a 8,6%), endosperma (87 a 89%) e gérmen (2,8 a 3,5%) (Quaglia, 1991), (Figura 1).

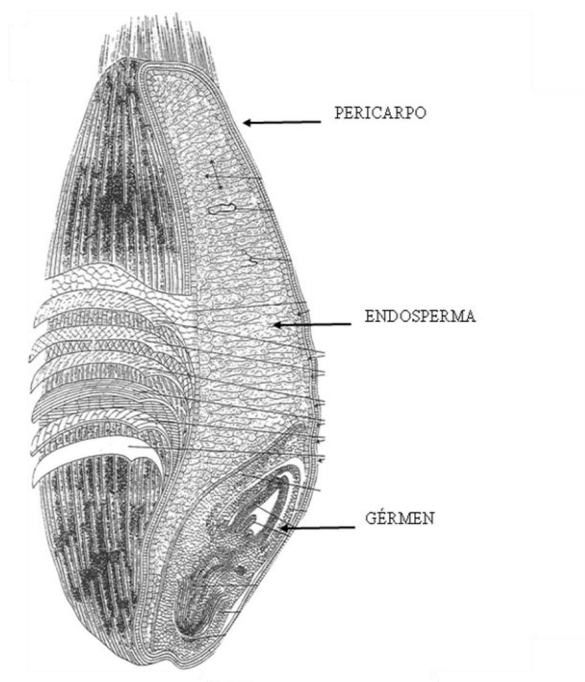


Figura 1: Corte longitudinal de um grão de trigo
Fonte: Adaptado de Wheat Flour Institute, apud Hoseney (1991)

O pericarpo é rico em fibras e sais minerais (Atwell, 2001). Constitui a camada mais externa e protetora do grão (Popper et al., 2006).

O endosperma consiste numa matriz proteica, no qual está inserido grande número de grânulos de amido (Haddad et al., 2001), ou seja, o endosperma constitui a farinha de trigo branca propriamente dita (Hoseney, 1991).

Essa constituição estrutural anatômica do endosperma caracteriza a textura do trigo em duas propriedades: vitreosidade e dureza (Haddad et al., 2001). A vitreosidade é o fator visual determinado pelas condições de crescimento (como temperatura, água e nitrogênio disponíveis) e que se refere ao grau de compacticidade do endosperma. A dureza (grau de resistência à deformação) é o parâmetro físico

definido por fatores genéticos (Greffeuille et al., 2007). A dureza é um aspecto muito importante a ser considerado no processo de moagem do grão, pelo fato de ser determinante das características de qualidade (Symes, 1961 apud El-Khayat et al., 2006), o que tem efeito subsequente em fatores como o condicionamento do grão pré-moagem, o tamanho da partícula da farinha, a quantidade de amido resistente, a absorção de água e a razão de extração durante a moagem (Hoseney, 1987, apud El-Khayat et al., 2006).

Como último constituinte há o germen, que constitui de 2 a 3 % do peso do grão, a parte embrionária da planta, onde se encontra grande parte dos lipídeos e dos compostos fundamentais à germinação do grão (Atwell, 2001).

Processamento

A farinha de trigo, matéria-prima abundantemente utilizada para elaboração de diversos alimentos, como pães, biscoitos, bolos e massas, é o produto obtido a partir da espécie *Triticum aestivum* ou de outras espécies do gênero *Triticum* conhecidas (Brasil, 2005).

O processo de moagem para obtenção da farinha de trigo branca pode ser definido como sendo a redução do endosperma à farinha, precedido da separação do farelo e do germen, com o objetivo de elaborar produtos mais palatáveis (Atwell, 2001) e com maior qualidade.

Na farinha de trigo o tamanho da partícula, ou seja, a granulometria, é uma das propriedades físicas mais importantes que afetam seu escoamento, além de estar negativamente relacionado à coesividade (Kuakpettoon et al., 2001) e influenciar o processo tecnológico e as características do produto final (Stasio et al., 2007). Diferentes perfis granulométricos estão relacionados principalmente com o comportamento dos genótipos, durante o processo de moagem, já que diferentes genótipos submetidos às mesmas condições de moagem apresentam diferenças na distribuição e no tamanho das partículas implicando, assim, em variações características (Mousia et al., 2004).

Composição química

A composição química do grão de trigo afeta suas características funcionais e tecnológicas e, juntamente com as propriedades estruturais e a população microbiana, define a qualidade da farinha de trigo (Mousia et al., 2004).

De forma geral, a farinha de trigo é composta sobretudo de amido (70 a 75%), água (12 a 14%), proteínas (8 a 16%) e outros constituintes menores, como polissacarídeos não amiláceos (2 a 3%), lipídeos (2%) e cinzas (1%); assim, as quantidades e as diferentes características das composições a partir de diversas cultivares, influenciarão a qualidade da farinha de trigo (Morita et al., 2002). Por isso, como forma de facilitar a compreensão do comportamento do trigo nos processos tecnológicos é oportuno se conhecer os principais constituintes do grão.

Umidade

O teor de água do grão representa um índice comercial significativo, pois influencia seu peso específico, rendimento de moagem, conservação e características tecnológicas (Quaglia, 1991). Um exemplo disso é a influência que as condições climáticas exercem durante a colheita e a influência que as condições de umidade do ambiente exercem durante a estocagem, sobre a quantidade de água a ser adicionada na elaboração de determinado produto (Popper et al., 2006).

A água disponível é, provavelmente, o fator mais relevante a afetar a germinação, o crescimento da planta e o desenvolvimento de fungos em substratos ricos em nutrientes (Magan & Lacey, 1988). Assim, os limites de umidade se caracterizam como aspectos imprescindíveis para conservação do grão e da farinha e para a respectiva comercialização (Miranda et al., 2008); o segundo fator mais importante é a temperatura.

A influência da atividade da água e da temperatura no crescimento de fungos e na produção de micotoxinas (Noureddine et al.,

2009) deve ser considerada uma forma de preservar as características dos grãos.

Carboidratos

Segundo o Guia Alimentar da População Brasileira, os carboidratos devem estar presentes na alimentação humana diária (Brasil, 2005), por serem os componentes que contribuem com 50 a 70% de energia da dieta (Copeland et al., 2009).

Os carboidratos, ou glicídeos, constituem cerca de 72% do peso do grão de trigo (Quaglia, 1991) O amido é produzido nos amiloplastos e é constituído, basicamente, por polímeros: a amilose e a amilopectina (Hoseney, 1991).

O amido de trigo comum está presente cerca de 25% na forma de amilose (Atwell, 2001). Isto a caracteriza como responsável pela absorção de água e pela formação de geis que originam redes tridimensionais (Cheftel & Cheftel, 1992), o que gera interesse para a indústria de processamento de alimentos, por ser grande potencial na modificação da textura e da qualidade dos produtos elaborados (Hung et al., 2006).

A amilopectina é um polímero ramificado complexo. Está presente na maioria dos amidos, de 60 a 90% (Copeland et al., 2009).

Quando um tratamento térmico é dado ao amido, dependendo das condições físicas (temperatura) e do conteúdo de água, as características e as propriedades dos grânulos são afetadas (Bogacheva et al., 2002), o que repercute na reologia do produto (Copeland et al., 2009).

Segundo Mestres (1996), as propriedades funcionais e nutricionais do amido são devidas, em grande parte, ao estado físico do alimento, que muda durante o preparo. Com a cocção, o amido nativo se transforma em uma pasta e depois, com o resfriamento e armazenamento, em um gel.

Na presença de umidade e posterior resfriamento a maioria dos amidos consumidos sofre algum processo envolvendo aquecimento, durante o qual os grânulos de amido são gelatinizados, perdendo a cristalinidade e a organização estrutural. Com o resfriamento, a desagregação das moléculas forma um gel que

retrograda gradualmente a um agregado semicristalino, diferente do grânulo inicial (Copeland et al., 2009).

A gelatinização ocorre quando o amido é aquecido na presença de umidade suficiente; os grânulos absorvem água e incham e a organização cristalina é irreversivelmente rompida (Copeland et al., 2009). Retrogradação é um termo utilizado para descrever as mudanças que ocorrem no amido gelatinizado sujeito ao resfriamento e à estocagem, em que há um novo arranjo molecular favorecendo uma estrutura mais ordenada, podendo ser desenvolvida nova forma cristalina. O nome retrogradação é dado porque o amido volta à sua condição de insolubilidade em água fria (Mestres, 1996).

As mudanças que ocorrem nos grânulos de amido durante a gelatinização e a retrogradação, são os principais determinantes do comportamento reológico desses amidos; elas têm sido medidas principalmente pelas mudanças de viscosidade durante aquecimento e resfriamento de dispersões de amido (Mestres, 1996).

Propriedades do amido

a) Gelatinização

A gelatinização ocorre a partir da absorção de água pelo amido que, com o aquecimento do sistema, perde sua birrefringência. O prolongamento da ação térmica resulta numa viscosidade maior, proporcionada pelo inchamento do grânulo, através da absorção de água. A continuidade deste processo leva à solubilização do amido. A gelatinização do amido do trigo ocorre em temperaturas entre 58 e 66 °C.

Após total solubilização do amido e resfriamento do sistema, observa-se um aumento considerável na viscosidade da pasta formada, estágio que termina com a formação de um gel.

b) Retrogradação

Retrogradação consiste na cristalização das cadeias de amido gelatinizado.

A pasta obtida no processo de gelatinização apresenta, quando resfriada, baixa

energia nas cadeias de amido e fortalecimento nas pontes de hidrogênio, o que subsidia a formação de um corpo gelatinoso e firme.

O envelhecimento do sistema resulta em uma interação mais energética das cadeias de amido que tendem a expulsar o excesso de água. A eliminação da água leva à formação de cristais.

Proteínas

Em meados de 1900 Thomas Osborne classificou as proteínas (Atwell, 2001), segundo a solubilidade (Osborne, 1924 apud Goesert et al., 2005), em quatro categorias: albuminas, globulinas, prolaminas e glutelinas (Hoseney, 1991).

No trigo, as proteínas estão divididas em proteínas solúveis (albuminas e globulinas) e proteínas de reserva (gliadina e glutenina), ou seja, o gluten (Sgarbieri, 1966), o principal responsável pela funcionalidade do trigo, a fonte de destaque das propriedades viscoelásticas da massa (Osborne, 1924, apud Goesert et al., 2005).

A propriedade viscoelástica do glúten hidratado é caracterizada a partir da atuação plastificante da gliadina (Van der Borgh et al., 2005), promovendo viscosidade, e da glutenina, propiciando resistência à ruptura da massa (Sgarbieri, 1996) ou seja, a gliadina tem boa extensibilidade e a glutenina, melhor elasticidade (Cheftel et al., 1985, apud Chiang et al., 2006).

É a presença das proteínas do glúten na farinha de trigo que a torna apropriada à elaboração de produtos panificáveis levedados (Bushuk, 1998, apud Wang et al., 2007), pois é a rede proteica do glúten a responsável pela retenção de dióxido de carbono produzido durante o processo de fermentação, e de assamento nas massas levedadas (Goesert et al., 2005); por isso, entender as propriedades mecânicas do glúten do trigo é entender o comportamento do processamento dos produtos elaborados com trigo (Belton, 2005).

É a composição qualitativa e quantitativa das frações de glutenina e de gliadina que influenciam as propriedades reológicas da massa de trigo, mais especificamente a matriz

viscoelástica do glúten (Pruska-Kedzior et al., 2008).

Lipídeos

Os lipídeos se originam de membranas e organelas de diferentes estruturas químicas (Goesaert et al., 2005). Eles participam da composição do trigo em percentual bem pequeno (1,5 a 2,0%) e se localizam principalmente no gérmen, rico em vitamina E (Quaglia, 1991), que é retirado no início do processo da moagem do grão, previamente à moagem do endosperma

(Atwell, 2001).

Minerais (cinzas) e vitaminas

De forma geral, os cereais contêm cerca de 1,5 a 2,5% de minerais (Bock, 2000, apud Dewettinck et al., 2008), sendo que o mineral em concentração mais alta (16 a 22% do total do conteúdo de cinzas) é o fósforo. O trigo também é fonte importante de selênio, um micronutriente essencial aos humanos, com efeito anticancerígeno, antiviral (Lyons et al., 2005) e antioxidante (Yu & Zhou, 2004).

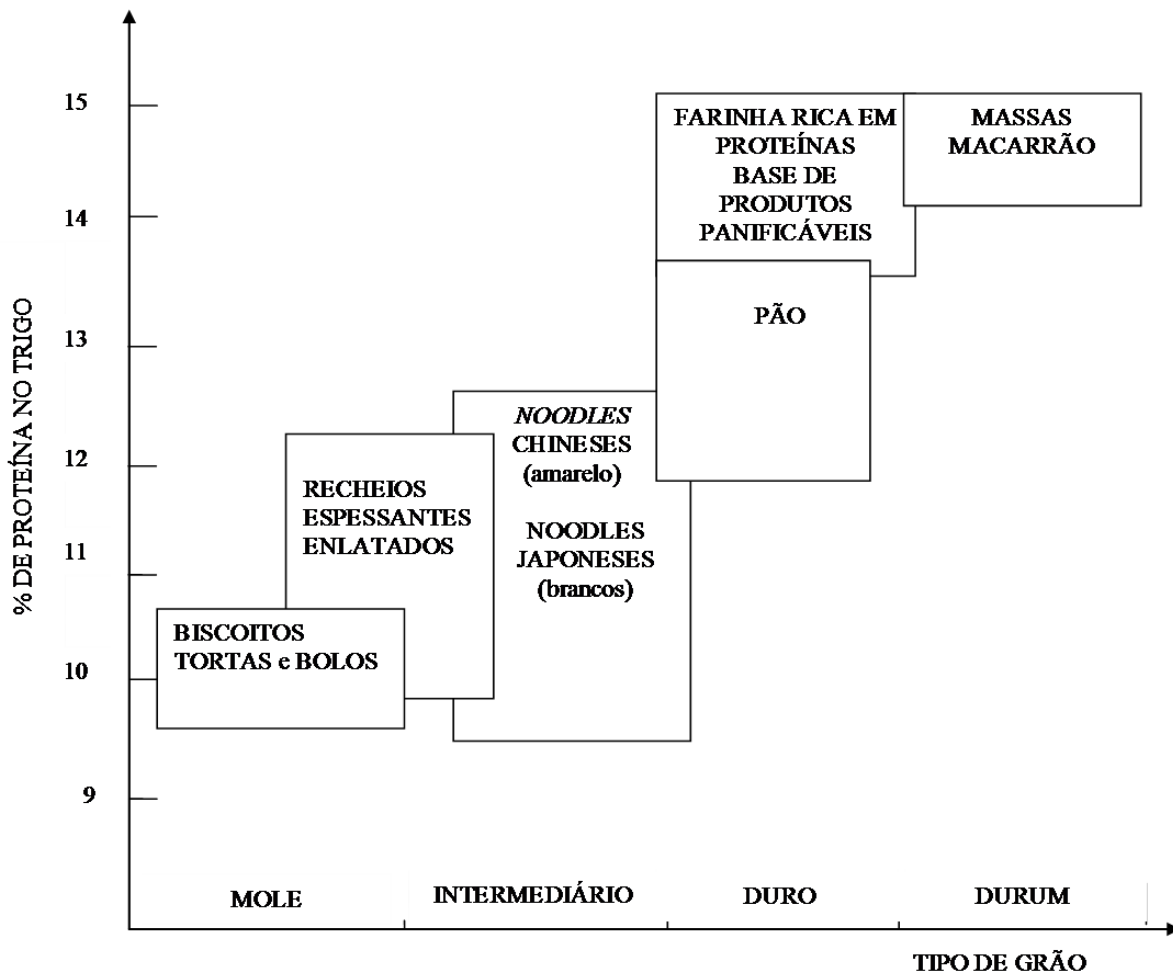


Figura 2: Tipo de grãos de trigo com diferentes valores proteicos e indicação de produtos obtidos. Fonte: Moss, (1973), apud Hosenev, (1991)

Influência do teor proteico e da dureza do grão na qualidade da farinha

A qualidade da farinha de trigo utilizada na alimentação está diretamente relacionada com

a qualidade do trigo propriamente dito, decorrente de aspectos genéticos e ambientais (Zhu & Khan, 2002); por isso, para suprir as expectativas do mercado consumidor é necessário entender a relação entre a qualidade

da farinha oriunda de determinado grão e as características dos produtos elaborados com essa farinha (Kihlberg, et al., 2006).

Os produtos elaborados com trigo possuem ampla diversidade; é então relevante ressaltar a indicação para o melhor resultado tecnológico com relação à caracterização físico-química do grão e da respectiva farinha. Assim, se indica o uso dos tipos de trigo com diferentes valores proteicos, recomendados para cada produto (Figura 2):

O trigo *mole* proporciona farinha muito fina, de coloração branca, formada por fragmentos irregulares das células do endosperma e partículas planas que se aderem umas às outras (Léon, 2007) e com mais coesividade do que as de trigo duro (Kuakpetoon et al., 2001). Este tem, geralmente, baixo teor de glúten; por isso é utilizado para fabricação de biscoitos (*cookies* e *crackers*), bolos e tortas (Hoseney, 1991; Atwell, 2001).

O trigo *mole* possui baixo conteúdo proteico; por isso, resulta em uma massa de glúten fraca e também com baixa absorção de água (Ching et al., 2006).

O trigo *durum* possui alto teor protéico e tem a característica de difícil redução em farinha (Hoseney, 1991). É utilizado para fabricar sêmolas e semolinas utilizadas na produção de macarrão, espagete e outras massas (Léon, 2007), por causa da coloração única (pigmentos amarelos) (Troccoli et al., 2000), sabor, aroma e qualidade de cozimento (Atwell, 2001).

O trigo *duro* produz farinha com maior granulometria e de aspecto arenoso, composta de partículas de forma regular (Léon, 2007). Ele é indicado para a produção de pães e produtos fermentados (Atwell, 2001), pois define farinhas caracterizadas com alto conteúdo de proteína e qualidade de glúten desejável (Hoseney, 1991).

Análises efetuadas no trigo

A reologia, estudo do escoamento e deformação dos materiais, tem por objetivo obter a descrição quantitativa das propriedades mecânicas, a informação relacionada com a estrutura molecular e a composição do material; caracterizar e simular o desempenho dos materiais durante o processamento e controlar a

qualidade do produto (Dobraszczyk & Morgenstern, 2003).

As propriedades reológicas das massas são em geral, influenciadas basicamente pela dureza do grão, granulometria da farinha e hidratação da massa (Branlard et al., 2001). As propriedades reológicas da massa do pão são importantes, por dois motivos: primeiro, porque determinam o comportamento da massa durante o processo de manuseio mecânico e, segundo, porque afetam os processos que determinam o crescimento das cavidades celulares e a estabilidade da massa, durante o processo de elaboração (Stojceska et al., 2007). Isto é delineado pela participação do amido, das proteínas e da água, em que a parte proteica da farinha tem a habilidade para formar a rede viscoelástica contínua do glúten, desde que haja água suficiente para a hidratação e energia mecânica para efetuar a mistura (Gras et al., 2000).

Análise do glúten

Uma análise muito importante que serve para medir o teor de glúten úmido e, a partir da secagem (glúten seco), possibilitar o cálculo do índice de glúten de determinada amostra (Montenegro & Ormenese, 2008).

O princípio do método consiste em fazer uma massa com farinha de trigo e água que, em seguida, deve ser lavada para remoção do amido e dos constituintes hidrossolúveis do glúten, obtendo-se o glúten úmido; após este procedimento o glúten é secado e pesado (Popper et al., 2006), possibilitando a determinação do teor de glúten seco.

A determinação da quantidade e da qualidade do glúten na farinha é uma das melhores ferramentas para se conhecer suas potencialidades (Perten, 1990, apud Léon, 2007, p.41), já que o glúten é responsável pela retenção de gás na massa, o que confere leveza aos produtos fermentados (Bechtel et al., 1977), estando então relacionado à qualidade final dos produtos, com relação à textura, forma e expansão (Amemiya & Menjivar, 1992).

Farinografia

Na farinografia há determinação da

absorção da água exata feita pela farinha, tendo como base a consistência específica da massa (Quaglia, 1991). Esta análise é amplamente utilizada como forma de monitorar o desenvolvimento da rede protéica de glúten durante o processo de mistura da massa, razão por que é uma análise reológica que auxilia a predizer a aplicação tecnológica da farinha de trigo (Montenegro & Ormenese, 2008).

Extensografia

Na extensografia é medida e registrada a resistência da massa à extensão, enquanto ela é esticada em velocidade constante, após períodos de descanso (Brabender, 2008), além de medir, também, sua extensibilidade, o que é importante à retenção de gás (Hruskova et al., 2006).

Análise da atividade α -amilásica (número de queda ou falling number)

A análise está baseada na rápida gelatinização de uma suspensão de farinha e água e na medida de degradação do amido por ação da amilase em condições similares às de cocção de um pão (Quaglia, 1991), já que esta enzima tem a função de liberar açúcares do amido durante a fermentação do pão (Faroni et al., 2002). A verificação da atividade α -amilásica em grãos ou em farinhas, possui os seguintes objetivos: detectar danos causados por pré-germinação, otimizar os níveis de atividade enzimática e garantir a sanidade do grão (Léon, 2007).

Análise rápida de viscosidade

Na análise rápida de viscosidade o equipamento ARV (Analisador Rápido de Viscosidade) mede o comportamento da gelatinização e as propriedades de pasta do amido, através de um viscosímetro, que controla a resistência da amostra durante o aquecimento e o resfriamento, ou seja, caracteriza o processo a partir das propriedades funcionais do mesmo (Crosbie & Ross, 2007 apud Copeland et al., 2009, p.1530).

Panificação Experimental

No Brasil, 55% do trigo utilizado se destinam à panificação. O percentual restante se divide em 17%, para uso doméstico, 15% para a produção de massas alimentícias, 11% para a fabricação de biscoitos e 2% para outros usos, como produtos de confeitaria (Embrapa, 2008).

Dentre os produtos da panificação há destaque para o pão, alimento básico da dieta humana. Difundido no mundo pelo pioneirismo dos egípcios, possui registros históricos de antes da era neolítica, ou seja, de cerca de 12.000 anos atrás (Arpita Mondal, 2008).

Na elaboração dos pães o trigo é o cereal com maior destaque, apesar de o centeio ser usado substancialmente em algumas partes do mundo (Goesaert et al., 2005). Isto ocorre por dois motivos: pelo fato de a indústria moageira ter estabelecido um índice potencial do trigo para elaboração de pão (Preston et al., 1992 apud Kihlberg et al., 2006) e porque, dentre as farinhas de cereais, somente a de trigo pode formar uma massa viscoelástica tridimensional, quando misturada com água, o que faz com que a caracterização das propriedades reológicas da massa seja efetiva em predizer o comportamento do processo e o controle de qualidade dos alimentos (Song & Zheng, 2007).

Na panificação, juntamente com o trigo, a água é o ingrediente mais importante já que ambos afetam a textura e o miolo do produto final. Neste sentido, estudos demonstram que aproximadamente 50% de água incorporada a determinada elaboração resultam em um pão com textura leve, apesar de os pães artesanais conterem de 60 a 75% de água (Arpita Mondal, 2008). Na elaboração de pães, a farinha de trigo participa sempre com 100% e o restante dos ingredientes é um percentual da totalidade do peso; por isto, considerando-se 100% de farinha, a quantidade de participação dos outros ingredientes é de 2% para o fermento, 4% para o açúcar, 2% para o sal e 3% para gordura a (Arpita Mondal, 2008).

Além dos ingredientes o procedimento para elaboração do pão é também fundamental nas seguintes etapas: mistura ou amassamento, fermentação e cocção (Hoseney, 1991).

O amassamento é uma operação crítica no processamento de alimentos pelo fato de formar sua estrutura, ou seja, acontece o

desenvolvimento das propriedades viscoelásticas do glúten, além da incorporação de ar, que tem efeito maior na reologia e na textura (Dobraszczyk & Morgenstern, 2003). No processo de amassamento a aeração e a reologia estão intimamente relacionadas; por isto, é relevante considerar: o efeito do formato do misturador e da operação no desenvolvimento da reologia e da textura; a medida reológica durante a mistura, a partir do torque do batedor ou da força consumida; o efeito da reologia nos modelos de misturas e a simulação dos modelos de deformação e escoamento de mistura em função da geometria do batedor e da reologia (Dobraszczyk & Morgenstern, 2003).

A fermentação é a etapa condutora no processo de elaboração de pães. Isto ocorre porque é a partir da fermentação dos açúcares (liberados do amido), da farinha de trigo e da ação das enzimas naturais presentes que se obtém o produto levedado denominado pão. Durante a fermentação (que tem a levedura *Saccharomyces cerevisiae* como responsável), o açúcar é convertido em CO₂ e água; o vapor d'água e o CO₂ são expandidos com o aumento da temperatura, além de atuarem como isolantes prevenindo, assim, o aumento excessivo de temperatura e a evaporação da umidade (Arpita Mondal, 2008).

Na etapa de cocção ocorrem no produto algumas modificações que definem os aspectos sensoriais: vaporização da umidade, elevação da temperatura, aumento do volume (Hoseney, 1991), transformação da viscosidade da massa em elasticidade do miolo do pão e caracterização esponjosa da massa (Hamer & Hoseney, 2006).

O teste de panificação é a melhor alternativa para se testar uma farinha em escala comercial (Freilich et al., 1935, apud Zounis & Quail, 1997). Os métodos dos testes de panificação refletem a produção comercial, muito embora isso dependa da formulação, dos protocolos adotados e dos equipamentos utilizados (Zounis & Quail, 1997).

A formulação de produtos acabados e processados pode descrever protocolos de laboratórios, utilizados para avaliar a qualidade da farinha de trigo (Naega, 2008).

Muitos fatores interferem nas condições de processamento de determinado produto; eles podem ser caracterizados como o conteúdo de

água, o procedimento de mistura, o tempo de mistura, o tempo de descanso da massa e sua consistência. Isto afeta as propriedades reológicas da massa (Sliwinski et al., 2004), as quais são, comumente, utilizadas para se analisar o valor panificável da farinha de trigo (Daniels & Fisher, 1976, apud Hruskova et al., 2006).

Somente os testes de panificação podem mostrar a complexa interação existente entre os ingredientes, fornecendo a informação real característica da panificação (pães, bolos, biscoitos, massas). Cuidadosamente monitorados, eles podem ser confiáveis em prever as propriedades da massa e de produtos assados, o que os torna facilmente reproduzíveis (Naega, 2008).

CONCLUSÕES

O trigo, cereal com primeiro lugar em volume de produção mundial, é uma matéria prima potencial que pode ser utilizada na elaboração de grande diversidade de produtos. A caracterização do trigo definida por aspectos estruturais, de processamento e composição química, permite indicá-lo à aplicabilidade tecnológica, como é o caso da panificação. As análises reológicas são um exemplo de implementação tecnológica, no sentido da caracterização do comportamento experimental do trigo, anterior à efetivação dos processos e elaboração dos produtos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Abitrigo. Associação Brasileira da Indústria do Trigo. História do trigo. O papel do trigo na evolução da humanidade. **A triticultura brasileira**. <http://www.abitrigo.com.br/historia_do_trigo2a.asp> 18 Jan. 2008.
- Amemiya, J. I.; Menjivar, J. A. Comparison of small and large deformation measurements to characterize the rheology of wheat flour doughs. **Journal of Food Engineering**, v.16, n.1-2, p.91-108, 1992.
- Arpita Mondal, A.K. D. Bread Baking – A Review. **Journal of Food Engineering**, India, v.86, n.4, p.465-474, jun/2008.

- Atwell, W. A. Wheat Flour. Eagen Press Handbook Series. **American Association of Cereal Chemists**. St. Paul, 2001.
- Bechtel, D. B.; Pomeranz, Y.; De Francisco, A. Breadmaking studie by light and transmission electron microscopy. **Cereal Chemistry**. v.55, n.3, p.392-401, 1977.
- Belton, P. S. New approaches to study the molecular basis of the mechanical properties of gluten. **Journal of Cereal Science**. v.41, p.203-211, 2005.
- Bogacheva, T. Y.; Wang, Y. L.; Wang, T. L.; Hedley, C. L. Structural studies of starches with different water contents. **Biopolymers**. v.64, n. 5, p.268-281, 2002.
- Brabender. Food Division. Quality Control. **Milling/Baking**. <<http://www.brabender.com>> 21 Nov. 2008.
- Branlard, G.; Dardevet, M.; Saccomano, R.; Laoutte, F.; Gourdon, J. Genetic diversity of wheat storage proteins and bread what quality. **Euphytica**. v.119, p.59-67, 2001.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº7 de 15 de agosto de 2001. **Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade do Trigo**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 2001. 33 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº8 de 02 de junho de 2005. **Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade da Farinha de Trigo**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 2005.
- Carcea, M.; Salvarorelli, S.; Turfani, V.; Mellara, F. Influence of growing conditions on the technological performance of bread wheat (*Triticum aestivum L.*). **International Journal of Food Sciences and Technology**. v.41, n.2, p.102-107, 2006.
- Cheftel, J.; Cheftel, H. **Introducción a La bioquímica y tecnología de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1992. v.1, 333p.
- Chiang, S.; Chen, C.; Chang, C. Effect of wheat flour protein compositions on the quality of deep-fried gluten balls. **Cereal Chemistry**. v.77, p.666-673, 2006.
- Copeland, L. Structural characterization of wheat starch granules differing in amylase content and functional characteristics. **Carbohydrate Polymers**. v.75, p.705-711, 2009.
- Dewettinck, K.; Van Bockstaele, F.; Kühne, B.; Van De Walle, D.; Courtens, T. M. Gellynck, X. Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception - Review. **Journal of Cereal Science**. v.48, n.2, p.243-257, 2008.
- Dobraszczyk, B. J.; Morgenstern, M. P. Review – Rheology and the breadmaking process. **Journal of Cereal Science**. v.38, p.229-245, 2003.
- El-Khayat, G. H.; Samaan, J.; Manthey, F. A.; Fuller, M. P.; Brennan, C. S. Durum wheat quality I: some physical and chemical characteristics of Syrian durum wheat genotypes. **International Journal of Food Science and Technology**. v.41, supplement 2, p.22-29, 2006.
- Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultura de Trigo**. <<http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/trigo/index.htm>> 10 Ago. 2008.
- Faroni, L. R. D.; Berbert, P. A.; Martinazzo, A. P.; Coelho, E. M. Qualidade da farinha obtida de grãos de trigo fumigados com dióxido de carbono e fosfina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, p.354-357, 2002.
- Georget, D. M. R.; Underwood-Toscano, C.; Powers, S. J.; Shewry, P. R.; Goesart, H.; Brijs, K.; Veraverbeke, W. S.; Courtin, C. M.; Gebruers, K.; Delcour, J. A. Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. **Trends in Food Science & Technology**. v.16, n.1, p.12-30, 2005.
- Gras, P. W.; Carpenter, H. C.; Anderssen, R. S. Modelling the developmental rheology of wheat flour dough using extension test. **Journal of Cereal Science**. v.31, n.1, p.1-13, 2000.
- Greffeuille, V.; Abecassis, J.; Barouh, H.; Villeneuve, P.; Mabilille, F.; Bar Lhelgouac, C.; Lullien-Pellerin, V. Analysis of the milling reduction of bread wheat farina: physical and biochemical characterization. **Journal of Cereal Science**. v.45, n.1, p.97-105, 2007.

- Gutkoski, L. C.; Klein, B.; Pagnussatt, A.; Pedo, I. Características tecnológicas de genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) cultivados no cerrado. **Ciência Agrotecnológica**. v.31, n.3, p.786-792, 2007.
- Haddad, Y.; Benet, J. C.; Delenne, J. Y.; Mermet, A.; Abecassis, J. Rheological Behaviour of Wheat Endosperm—Proposal for Classification Based on the Rheological Characteristics of Endosperm Test Samples. **Journal of Cereal Science**. v.34, n.1, p.105-113, 2001.
- Hamer, R. J.; Hosney, R.C. **Interactions: The Keys to Cereal Quality**. American Association of Cereal Chemists, Inc: St. Paul, Minnesota, USA, 2006.
- Hosney, R. C. **Principios de ciencia y tecnología de los cereales**. Zaragoza: Acribia, 1991. 321p.
- Hruskova, M.; Svec, I.; Jirsa, O. Correlation between milling and baking parameters of wheat varieties. **Journal of Food Engineering**. v.77, p.439-444, 2006.
- Hung, P. V.; Maeda, T.; Morita, N. Waxy and high-amylose wheat starches and flours – characteristics, functionality and application. **Food Science and Technology**. v.17, n.8, p.448-456, 2006.
- Kihlberg, I.; Ostrom, A.; Johansson, L.; Risvik, E. Sensory qualities of plain white pan bread: Influence of farming system, year of harvest and baking technique. **Journal of Cereal Science**. v.43, p.15-30, 2006.
- Kuakpetoon, D.; Flores, R. A.; Milliken, G. A. Dry mixing of wheat flours: Effect of particle properties and blending ratio. **Lebensmittel Wissenschaft und Technology**. v.34, n.3, p.183-193, 2001.
- Léon, A. E. **De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación em Iberoamérica**. Córdoba: Hugo Báez, 2007. 480p.
- Lyons, G.; Ortiz-Monasterio, I.; Stangoulis, J.; Graham, R. Selenium concentration in wheat grain: is there sufficient genotypic variation to use in breeding? **Plant and Soil**. v.269, p.369-380, 2005.
- Magan, N.; Lacey, J. Ecological determinants of mould growth in stored grain. **International Journal of Food Microbiology**. v.7, n.3, p.245-256, 1988.
- Mestres, C. Los estados físicos del almidón. In: **Conferencia Internacional de Almidón**. Quito, 1996.
- Miranda, M. Z. de; De Mori, C.; Lorini, I. Qualidade do trigo brasileiro – safra 2005. **Embrapa Trigo - Documento 80**, 2008, p.102.
- Montenegro, F. M.; Ormenese, R. C. S. C. **Avaliação da Qualidade Tecnológica da Farinha de Trigo**. Campinas: Cereal Chocotec ITAL, 2008. 62 p.
- Morita, N.; Maeda, T.; Miyazaki, M.; Yamamori, M.; Mjura, H.; Ohtsuka, I. Dough and baking properties of highamylose and waxy wheat flours. **Cereal Chemistry**. v.79, p.491-495, 2002.
- Mousia, Z.; Edherly, S.; Pandiella, S. S.; Webb, C. Effect of wheat pearling on flour quality. **Food Research International**. v.37, p.449-459, 2004.
- Naega – The North American Export Grain Association. Wheat Flour Testing Book. Wheat and Flour Testing Methods: A Guide to Understanding Wheat and Flour Quality: Version 2 (2008). <www.wheatflourbook.org> 17 Out. 2008.
- Noureddine, B.; Kim, Y. M.; Strelkov, S. E. Influence of water activity and temperature on growth and mycotoxin production by isolates of *Pyrenophora tritici-repentis* from wheat. **International Journal of Food Microbiology**. v.31, p.251-255, 2009.
- Popper, L.; Schäfer, W. & Freund, W. **Future of Flour – A Compendium of Flour Improvement**. Kansas City: Agrimedia, 2006. 325p.
- Pruska-Kedzior, A.; Kedzior, Z.; Klockiewicz-Kaminska, E. Comparison of viscoelastic properties of gluten from spelt and common wheat. **European Food Research Technology**. v.277, p.199-207, 2008.
- Quaglia, G. **Ciencia y tecnología de La panificación**. Zaragoza: Acribia, 1991. 485p.
- Sgarbieri, V. C. **Proteínas em alimentos proteicos**. São Paulo: Varela, 1996. 517p.
- Shewry, P. R.; Gilbert, S.; Tatham, A. S.; Belton, P. S. The high molecular weight subunits of wheat glutenin and their role in determining

- the functional properties of wheat gluten and dough. **Biopolymer Science: Food and Non Food Applications**. p.13-18, 1998.
- Sliwinski, E. L.; Kolster, P.; Prins, A.; Vliet, T. van. On the relationship between gluten protein composition of wheat flours and large-deformation properties of their doughs. **Journal of Cereal Science**. v.39, p.247-264, 2004.
- Song, Y.; Zheng, Q. Dynamic rheological properties of wheat flour dough and proteins. **Food Science & Technology**. v.18, p.132-138, 2007.
- Stasio, M. D.; Vacca, P.; Piciocchi, N.; Meccariello, C.; Volpe, M. G. Particle size distribution and starch damage in some soft wheat cultivars. **International Journal of Food Science and Technology**. v.42, p.246-250, 2007.
- Stojceska, V.; Butlers, F.; Gallagher, E.; Keehan, D. A comparison rheological measurements of wheat dough to predict baking behaviour. **Journal of the Food Engineering**. v.83, p.475-482, 2007.
- Troccoli, A.; Borrelli, G. M.; Vita, P. D.; Fares, C.; Di Fonzo, N. Durum Wheat Quality: A Multidisciplinary Concept. **Journal of Food Science**. v.32, p.99-113, 2000.
- Van Der Borght, A.; Goesaert, H.; Veraverbeke, W. S.; Delcour, J. A. Fractionation of wheat and wheat flour into starch and gluten: overview of the main processes and the factors involved. **Journal of Cereal Science**. v.41, p.221-237, 2005.
- Wang, J.; Zhao, M.; Zhao, Q. Correlation of glutenin macropolymer with viscoelastic properties during dough mixing. **Journal of Cereal Science**. v.45, p.128-133, 2007.
- Yu, L.; Zhou, K. Antioxidant properties of bran extracts from 'Platte' wheat grown at different locations. **Food Chemistry**. v.90, n.1-2, p.311-316, 2004.
- Zhu, J.; Khan, K. Quantitative variation of HMW glutenin subunits from hard red spring wheats grown in different environments. **Cereal Chemistry**. v.79, p.783-786, 2002.
- Zounis, S.; Quail, K. J. Predicting Test Bakery Requirements from Laboratory Mixing Tests. **Journal of Cereal Science**. v.25, p.185-196, 1997.