

15

Qualidade tecnológica de trigo

Martha Zavariz de Miranda
 Eliana Maria Guarienti
 Vanderlei Doneda Tonon

Introdução

A qualidade de trigo não pode ser expressa em termos de uma única propriedade, uma vez que depende de várias, como moagem, propriedades químicas, panificação, processamento e características físicas da massa, sendo cada uma importante na produção de pão, massa alimentícia e/ou outros produtos finais (FINNEY et al., 1987).

As características de impacto sobre a qualidade do trigo podem ser divididas em dois grupos principais. O primeiro grupo de atributos são aqueles inerentes, isto é, de controle genético, como tipo ou qualidade da proteína, propriedades do amido, dureza do grão, rendimento de moagem, resistência à germinação na espiga e coloração do grão. O segundo grupo inclui as características influenciadas por fatores sazonais ou específicos do ambiente, como tipo de solo; sanidade e maturação; enchimento do grão e consequente rendimento real de moagem; conteúdo protéico real; perdas pelo clima; conteúdo de grãos quebrados, chochos, verdes, ou queimados; contaminação com sementes estranhas; presença de ma-

terial estranho, como palha; infestação por insetos e fungos; e conteúdo de umidade do grão na colheita (WHAT..., 2008).

Existem amplas diferenças na composição do grão e na qualidade de processamento entre cultivares de trigo. Desta forma, uma cultivar que é adequada para preparar um tipo de alimento pode ser inadequada para preparar outro. As indústrias de processamento de trigo necessitam de vários fornecedores para obter atributos de qualidade específicos. Assim, é comum encontrar que o valor comercial de uma safra de trigo, é determinado por atributos do grão associados com sua qualidade de processamento (PEÑA, 2002).

Os moinhos visam a aquisição de trigo com qualidade tecnológica consistente (lotes uniformes) e elevado rendimento em farinha. Além disso, a qualidade tecnológica do trigo deve ser adequada ao uso final a que se destina, para atender à demanda de mercado. Os processadores de alimentos, como padarias, indústrias de massas e de biscoitos, da mesma forma, necessitam de farinha com especificações adequadas a cada produto final. Cada processador almeja que a qualidade de seu produto seja

mantida sempre constante, e isso somente é possível se o moinho conseguir fornecer a matéria-prima com o mesmo padrão de qualidade, a cada nova safra (MIRANDA et al., 2008).

A moagem experimental visa a produção de farinha para a avaliação de propriedades físicas, químicas ou de aptidão de uso, com a finalidade de selecionar linhagens de trigo com qualidade satisfatória, em programas de melhoramento, para que estes resultados sejam equivalentes aos da moagem comercial (POMERANZ, 1987).

Segundo a ABITRIGO (2008), de modo geral, o mercado de farinhas de trigo no Brasil destina-se à panificação (55%), ao uso doméstico (13,4%), a massas (17,1%), a biscoitos (11,1%) e outros usos (3,4%).

A farinha é o principal ingrediente em muitos produtos e, conseqüentemente, exerce o principal efeito na qualidade; é biologicamente complexa, uma vez que varia conforme a fonte de trigo. O trigo colhido muda ano a ano, e a farinha usada em processos comerciais pode refletir essas mudanças, causando problemas em plantas de processamento (ATWELL, 2001).

A farinha branca (refinada) é constituída predominantemente de amido (aproximadamente 70% a 80%, em base seca), com quantidades mais baixas de proteína (geralmente 10% a 15%, em base seca), lipídios (1% a 2%, em base seca) e outros componentes, como polissacarídeos não amiláceos (os quais correspondem a fragmentos da parede celular). No entanto, as proteínas apresentam maior importância na determinação das propriedades funcionais das farinhas de trigo e, em particular, proteínas formadoras de glúten que correspondem à metade do nitrogênio total do grão. Portanto, é necessário considerar suas estruturas e propriedades (WHAT..., 2008).

Dependendo da sua estrutura, as proteínas apresentam solubilidade em diferentes solventes. Este é um critério que permite separar e classificar as proteínas em grupos. As proteínas dos grãos de trigo podem ser divididas em proteínas formadoras de glúten (denominadas proteínas de armazenamento, que representam 75% a 80% do total) e aquelas que não formam glúten (compreendem a maior parte das enzimas e representam 20% a 25% do conteúdo total). Osbourne (1907), citado por Pallarés et al. (2007), classificou as proteínas quanto à solubilidade em quatro grupos: albuminas, solúveis em água; globulinas, solúveis em soluções salinas diluídas; prolaminas, solúveis em álcool 70%; e glutelinas, solúveis em ácidos e bases diluídos. Os dois primeiros grupos estão concentrados no gérmen, farelo, camada de aleurona e, em menor quantidade, no endosperma e possuem adequado balanço de aminoácidos; enquanto que os dois últimos grupos de proteína são encontrados somente no endosperma e possuem altos teores dos aminoácidos glutamina e prolina (PALLARÉS et al., 2007).

As prolaminas (gliadina) e as glutelinas (glutenina) são importantes e insubstituíveis do ponto de vista tecnológico, sendo responsáveis pelas características funcionais únicas das massas feitas de farinha de trigo. Quando se adiciona água à farinha de trigo, os grupos polares das proteínas, que têm afinidade por este solvente, ficam expostos e rodeados por moléculas de água. A mistura ou amassamento fornece a energia e a movimentação necessárias para que as cadeias protéicas entrem em contato umas com as outras e estabeleçam ligações que formarão a estrutura de rede, que é o glúten, e que possui características viscoelásticas (GERMANI et al., 1993).

A melhor forma de estabelecer a qualidade de uma farinha é elaborar o produto final, embora em muitas ocasiões isto não seja possível, já que é necessário ter a informação de maneira rápida (para corrigir um processo, por exemplo) ou se tem pequena quantidade de amostra (como nos programas de melhoramento genético, onde é necessário conhecer a qualidade para selecionar o material a multiplicar). Em razão disto, é necessário usar provas preditivas que se correlacionem, significativamente, com a aptidão das farinhas para elaborar diferentes produtos (PALLARÉS et al., 2007).

Entre os critérios de qualidade de trigo, pode-se citar: teor de impurezas no grão e na farinha; peso; vitreosidade e dureza do grão; teor de umidade, de proteína e de cinza do grão e da farinha; sedimentação com dodecil sulfato de sódio (SDS); teor de glúten; rendimento de moagem; cor da farinha; concentração de enzimas amilolíticas; amido danificado; e análises reológicas (farinografia, extensografia e alveografia) (GERMANI et al., 1993).

Este capítulo revisa os fatores pré-colheita que afetam a qualidade de trigo, como genótipo, manejo e rotação de culturas, variáveis meteorológicas e nitrogênio, e a avaliação da qualidade de trigo e de farinha de trigo por meio de métodos físico-químicos, reológicos e de uso final, sem incluir métodos bioquímicos e biotecnológicos.

Fatores pré-colheita que afetam a qualidade de trigo

As condições ambientais (solo, práticas culturais, clima e outras), como também o genótipo, influenciam em várias características dos grãos e da farinha, determinando a aptidão dos trigos para os diferentes usos industriais (BEQUETTE, 1989).

Para ilustrar esta influência, a seguir são descritos alguns efeitos do genótipo e das principais condições ambientais em características de qualidade tecnológica de trigo.

Efeito das proteínas de reserva do genótipo

As principais determinantes das propriedades funcionais da farinha de trigo (propriedades viscoelásticas da massa) são as proteínas de reserva do endosperma do grão. Estas proteínas apresentam diferenças em seu peso molecular, sendo classificadas em dois grupos: gliadinas e gluteninas (WEEGELS, 1996; WIESER, 2007). As subunidades de glutenina de alto peso molecular (HMW-GS, do inglês *high-molecular weight glutenins*), são consideradas as maiores responsáveis pela diferenciação da qualidade de panificação (PAYNE et al., 1987; GUPTA; MACRITCHIE, 1994). Estas estruturas polipeptídicas são codificadas por genes denominados *Glu-1*, localizados no braço longo do primeiro grupo de cromossomos (1A, 1B, 1D), e esses *locus* são nomeados *Glu-A1*, *Glu-B1*, *Glu-D1*, respectivamente. Cada *loco* inclui dois genes ligados, codificando dois diferentes tipos de HMW-GS, denominadas subunidades do tipo x e y (PAYNE et al., 1987; SHEWRY et al., 1992). Pelo tratamento com um agente redutor, como o 2-mercaptoetanol, juntamente com o detergente aniônico sulfato dodecil de sódio (SDS), as HMW-GS podem ser fracionadas em suas subunidades constituintes e os componentes principais separados por eletroforese em gel de poliacrilamida, na presença de SDS-PAGE (ZANATTA et al., 2002). Os genes *Glu-1*, que codificam as subunidades de gluteninas de alto peso molecular, são classificadas conforme o cromossomo que se encontram, a saber: cromossomo 1 do genoma A (*Glu-1A*) codifica as subunida-

des N (nulo), 1 e 2*; cromossomo 1 do genoma B (*Glu-1B*) codifica as subunidades 6+8, 7+8, 7+9, 7, 13+16, 14+15, 13+19, 17+18, 20, 21 e 22, e cromossomo 1 do genoma D (*Glu-1D*), responsável pela codificação das subunidades 2+12, 3+12, 4+12, 2+10, 5+10, 2+11 e 2.2+12. Payne et al. (1987) estabeleceram uma avaliação destas subunidades a partir de escores, com base na correlação com os valores obtidos pelo teste de sedimentação da farinha, sendo que um genótipo pode apresentar escore variável, de acordo com a soma da contribuição de cada um dos três loci de HMW-GS. Sendo assim, um genótipo que apresente as bandas 2*, 7+8 e 5+10 somará uma pontuação máxima (10), indicando que o germoplasma apresenta glúten forte. Por outro lado, um genótipo que apresente as bandas N, 6+8 e 2+12 somará uma pontuação mínima (4), o que sugere ser este um germoplasma de glúten fraco. Outra fração do glúten são as gluteninas de baixo peso molecular (LMW-GS, do inglês *low-molecular weight glutenins*). Estas são controladas pelos genes que estão nos loci *Glu-A3*, *Glu-B3*, *Glu-D3* localizados no braço curto do cromossomo 1AS, 1BS e 1DS, respectivamente (GIANIBELLI et al., 2001). Considera-se que os genes controlando LMW-GS estão fortemente ligados, formando assim, grupos que são herdados juntos (GUPTA; SHEPHERD, 1990; LAGUDAH et al., 1991). O trabalho desenvolvido por Beke et al. (2006) demonstrou que as HMW-GS contribuem em geral para a força do glúten, enquanto que as LMW-GS são prioritariamente responsáveis pela extensibilidade da massa, corroborando com o estudo desenvolvido por Eagles et al. (2002). Outro grupo de proteínas do glúten são as gliadinas. Estas são consideradas geralmente por contribuir para a característica de viscosidade e extensibilidade do glúten. Embo-

ra alguns autores tenham associado alelos específicos da gliadina com a qualidade de panificação, atualmente é aceito que essas proteínas podem não ter efeito direto na qualidade do trigo, em termos de força do glúten (GIANIBELLI et al., 2001). A composição das proteínas de reserva é inerente ao genótipo de trigo, estando relacionada a sua qualidade tecnológica e, consequentemente, a sua indicação de uso final.

Efeito do manejo e da rotação de culturas

Borghetti et al. (1995) verificaram que a rotação de culturas promove pronunciado efeito na qualidade do trigo. Estes autores concluíram que o sistema de rotação milho/trigo/alfafa incrementou a quantidade de proteínas e os valores alveográficos, comparativamente à rotação milho/trigo. No entanto, a maior concentração de proteínas foi obtida com a monocultura.

Segundo López-Bellido et al. (1998), os sistemas de rotação de culturas que envolvem uma leguminosa, como o grão de bico e a fava, apresentam marcado efeito na qualidade de trigo, os quais, além de incrementar a produção e o conteúdo de proteína, melhoram as propriedades reológicas.

No Brasil, Guarienti et al. (2000) observaram que o sistema de rotação com dois invernos sem trigo (trigo/soja, aveia branca e ervilhaca/milho) elevou o peso do hectolitro, enquanto que a monocultura reduziu o peso do hectolitro e elevou a força de glúten e a microssedimentação com dodecil sulfato de sódio. Além disso, a interação manejo de solo, sistemas de rotação de culturas e o ano de cultivo afetou o peso de mil grãos.

Em estudo conduzido por Guarienti et al. (2005b), foi avaliada a influência de seis sistemas de rotação de culturas para trigo: monocultura; trigo alternado por ervilha-

ca; trigo alternado por aveia branca e por ervilhaca; trigo alternado por aveia preta, por aveia branca e por ervilhaca; dois invernos sem e dois invernos com trigo, alternado por aveia branca e por ervilhaca; e três invernos sem e dois com trigo, alternado por aveia preta, por aveia branca e por ervilhaca. Foram analisadas as características que definem a qualidade tecnológica do trigo. Como resultado, verificou-se que a monocultura reduziu o peso do hectolitro, o peso de mil grãos, incrementou a força de glúten e a microssedimentação com dodecil sulfato de sódio. Características como a extração experimental de farinha e o número de queda não foram afetadas pelos diferentes sistemas de rotação de culturas estudados.

Efeito de variáveis meteorológicas na qualidade tecnológica de trigo

Efeito da precipitação pluvial

Segundo Noda et al. (1994), no campo, a embebição de água em condição de baixa temperatura é o fator primordial para quebra de dormência, e resulta na germinação na espiga. A alfa-amilase, que é sintetizada no tecido da aleurona do endosperma e no escutelo do embrião, é a principal enzima que diminui a qualidade da farinha de trigo.

As precipitações no período de maturação do trigo podem provocar, em genótipos mais sensíveis, a germinação pré-colheita ou, comumente denominada, germinação na espiga. Este fenômeno tem, como efeito principal, a diminuição no rendimento de grãos e a deterioração da qualidade da farinha para a fabricação de inúmeros produtos alimentícios (DERERA, 1989). As principais consequências da germinação na espiga na qualidade dos grãos são o baixo peso do hectolitro, associado à baixa ex-

tração de farinha, assim como a produção de pão com pouco volume e com estrutura deficiente (TRETOWAN, 2003). Esta deterioração do trigo por meio da germinação na espiga é resultado da atuação da enzima alfa-amilase, que age em conjunto com outras enzimas, danificando o amido e, posteriormente, as proteínas de reserva do grão. Conforme Wieser et al. (2006), as gliadinas são degradadas em maior quantidade e mais rapidamente quando comparadas com as gluteninas. Esta diferença na degradação pode ter grandes implicações no uso de grãos germinados na fabricação de pães e de outros produtos. A enzima alfa-amilase também afeta a cor da farinha. Ela é responsável pelo escurecimento do pão durante o seu processamento no forno, pois o aumento de açúcares redutores livres, quando combinado com o grupamento amino das proteínas e alta temperatura, levam a uma reação de escurecimento denominada de “Reação de Maillard”, ocorrendo a formação de compostos escuros denominados melanoidinas (RAGAEE; ABDEL-AAL, 2006).

Vários pesquisadores realizaram estudos sobre a influência de temperaturas e de molhamento, associando-os a períodos fenológicos nos quais se encontrava o trigo, bem como correlacionando diversas variáveis climáticas com os resultados obtidos em testes de qualidade tecnológica de trigo. A seguir relacionamos algumas destas publicações.

Moss et al. (1972) afirmaram que o trigo australiano normalmente é colhido em excelentes condições, com baixa atividade da enzima alfa-amilase. No entanto, chuvas fortes durante a colheita resultaram na deterioração dos grãos, e altas temperaturas durante a maturação e prolongado período de molhamento resultaram em maior dete-

rioração dos grãos, em relação às condições de baixa temperatura e de molhamento ou molhamento de curta duração.

Hirano (1976) estudou o efeito da chuva no período de maturação na qualidade de trigo no Japão e concluiu que chuvas no início da maturação reduziram o peso de mil grãos e o peso do hectolitro e incrementou o teor de cinzas do grão, promoveu decréscimo no rendimento de farinha e no escore de moagem. No final da maturação, foi observada diminuição nos parâmetros obtidos nos testes de farinografia (exceto a absorção de água), de extensografia e de amilografia.

Guarienti et al. (2005a) verificaram a influência da precipitação pluvial, da umidade relativa do ar e de excesso e déficit hídrico do solo no peso do hectolitro, peso de mil grãos e rendimento de grãos, observando que: 1) a precipitação pluvial e o excesso hídrico do solo afetaram negativamente o peso do hectolitro, peso de mil grãos e rendimento de grãos, e a umidade relativa do ar influenciou, tanto positiva quanto negativamente, essas variáveis; e 2) o déficit hídrico do solo afetou positivamente o peso do hectolitro, peso de mil grãos e rendimento de grãos após a maturação fisiológica, isto é, nos dez primeiros dias anteriores à colheita e, negativamente nos demais períodos estudados.

Mellado et al. (1985) estudaram, em três anos de experimento, o efeito da chuva após a maturação do trigo sobre a produção de grãos, o peso do hectolitro, a dureza e o teor de proteínas nos grãos, o rendimento de farinha, o valor de sedimentação, a farinografia e a panificação (volume, textura e cor da crosta). Estes autores concluíram que o peso do hectolitro foi a única variável afetada, nas condições do experimento, chegando a uma redução de 5% comparativamente à testemunha.

Efeito de altas temperaturas

A ocorrência de altas temperaturas durante diversas fases do desenvolvimento da cultura do trigo pode promover redução ou melhoria de características da qualidade tecnológica do cereal. A seguir, são relatados alguns estudos que evidenciaram esta influência.

A alta temperatura durante o período de enchimento do grão é indicada como uma das principais causas para o aumento da quantidade de proteína, porém com o decréscimo de sua funcionalidade (STONE; NICOLAS, 1995). Isto ocorre pela redução da proporção de glutenina e gliadina, em função de que a síntese de gliadina continua mesmo com o estresse, enquanto que a glutenina diminui sua síntese (BLUMENTHAL et al., 1995). Em função disso, a força da massa diminui causando redução na tolerância e no tempo de amassamento. Recentemente, Tahir et al. (2006) desenvolveram um trabalho em ambientes com temperaturas elevadas, durante o período de enchimento de grãos. Estes autores avaliaram o conteúdo e a composição de proteínas, por meio de teste de sedimentação (SDS) e mixografia. Encontraram incremento das proteínas solúveis e insolúveis em água e no valor de sedimentação. No entanto, observaram decréscimo no tempo ideal de amassamento, avaliado através da mixografia.

Blumenthal et al. (1995) estudaram o efeito do estresse térmico causado por altas temperaturas (superiores a 35 °C) durante o período de enchimento de grãos de trigo, nas características de qualidade. Verificaram que houve redução no peso de mil grãos (17% em relação à testemunha), no tempo de desenvolvimento (13%) e na relação glutenina/gliadina (7%) e acréscimo no teor de proteínas (17%), na resistência à quebra (17%), na máxima re-

sistência no pico (7%) e no conteúdo de lipídeos (7%).

Stone et al. (1997) investigaram os principais efeitos e possíveis interações de temperaturas moderadamente altas (20 °C a 32 °C) e muito altas (> 32 °C) durante o enchimento de grãos, na composição da proteína, usando o SE-HPLC (cromatografia líquida de alta eficiência por exclusão molecular). O efeito de altas temperaturas durante a maturação do trigo na mistura da massa foi determinado em mixógrafo. Também foi testado o efeito de curtos períodos de exposição do trigo às altas temperaturas (40 °C), no período de 15 a 19 dias após a antese, com subsequente regime de temperaturas moderadamente altas durante a maturação, nas mesmas características de qualidade acima citadas. Concluíram que temperaturas moderadamente altas ou curto período de exposição a temperaturas muito altas incrementaram a porcentagem de proteínas da farinha, mas diminuíram a força da massa, medida pelo tempo de mistura e resistência à queda. Também constataram que o efeito de temperatura moderadamente alta a muito alta tende a ser aditivo, e que o conteúdo de monômeros de proteínas ($r = -0,83$ a $-0,93$) e o valor de sedimentação com dodecil sulfato de sódio - MS-SDS ($r = 0,80$ a $0,96$) são altamente correlacionados com a resposta da força da massa para temperaturas elevadas.

Ciaffi et al. (1996) e Stone; Nicolas (1995) determinaram a influência do estresse por alta temperatura (> 35 °C) durante a fase de enchimento de grãos de trigo, na acumulação das diferentes frações de proteínas. Os autores verificaram que houve aumento da fração polimérica insolúvel de proteínas, quando o trigo foi submetido ao estresse térmico, comparativamente às

amostras normais (controle). A produção deste tipo de proteínas influenciou negativamente a força do glúten.

Guarienti et al. (2004) estudaram a influência da temperatura máxima na qualidade tecnológica e no rendimento de grãos, e verificaram que, nos diferentes períodos analisados, o aumento da temperatura máxima média resultou em acréscimo do peso de mil grãos, do rendimento de grãos, da força de glúten, da microsedimentação com dodecil sulfato de sódio e do número de queda.

Efeito de baixas temperaturas

A incidência de baixas temperaturas durante diversas fases de desenvolvimento da cultura do trigo tem sido associada tanto como causadora de redução como de acréscimo de qualidade tecnológica de trigo para a produção de pães. A seguir, são relacionados alguns autores que evidenciaram, em seus estudos, a afirmativa acima.

Dexter et al. (1985) verificaram o efeito do dano causado pelo frio nas qualidades de moagem e de panificação do trigo canadense, e constataram que, na medida em que a quantidade de grãos danificados pelo frio aumentava, decrescia a produção de farinha, incrementava o percentual de cinzas e a farinha ficava mais escura. Também observaram o incremento da dureza de grãos, causando maior percentual de amido danificado e insatisfatórias propriedades físicas da massa (baixa qualidade de glúten) e má qualidade de panificação.

Preston et al. (1991) estimaram o efeito de baixas temperaturas (-3 °C) durante a maturação dos grãos na qualidade do trigo vermelho duro de primavera canadense. Os autores concluíram que, no início do período de maturação, temperaturas abaixo de -3 °C, resultaram no decréscimo do peso do hectolitro e do conteúdo de prote-

ínas e incrementaram a dureza dos grãos. No período final da maturação, em grãos com aproximadamente 45% de umidade, as características de qualidade não foram alteradas pelas temperaturas. No entanto, quando todo o período de maturação foi submetido às baixas temperaturas, verificou-se incremento significativo no teor de amido danificado e na absorção de água.

Estes mesmos autores demonstraram que a extensão da deterioração da qualidade de trigo danificado pela geada é dependente do grau de frio e da maturação do trigo na época da geada.

A embebição de água em baixas temperaturas resulta em quebra de dormência e conseqüentemente em germinação na espiga (NODA et al., 1994).

A observação de que a dormência é quebrada quando os grãos são embebidos em 15 °C é confirmada pelas observações de Black et al. (1987), trabalhando com cevada, e indicaram que temperaturas próximas a 15 °C levam o grão a germinar tão logo a dormência é quebrada.

Segundo Noda et al. (1994), durante o período de maturação fisiológica do trigo, a reação do embrião ao ácido abscísico decresce em paralelo com a perda da dormência do grão.

Conforme McCrate et al. (1981), Greenaway (1969) e Perten (1964), o incremento na atividade de enzimas hidrolíticas, particularmente a atividade da alfa-amilase, acompanha a germinação e, em contrapartida, afeta a qualidade de panificação e de moagem de trigo, quando além do nível normal.

Guarienti et al. (2004) estudaram a influência da temperatura mínima na qualidade tecnológica e no rendimento de grãos e verificaram que, nos diferentes períodos analisados, o peso de mil grãos, o número

de queda e a extração experimental de farinha foram influenciados negativamente pela temperatura mínima média, enquanto que a temperatura mínima média influenciou positivamente a força de glúten, a relação P/L e a microssedimentação com do-decil sulfato de sódio.

Efeito do nitrogênio

Dentre os fertilizantes mais estudados que alteram as características de qualidade em trigo, está o nitrogênio. A fertilização com nitrogênio influencia significativamente o conteúdo de proteína. Grande quantidade de nitrogênio disponível traduz-se em maior conteúdo de proteína no grão e na farinha (ALTENBACH et al., 2002). O incremento no conteúdo de proteína, usualmente, resulta em maior extensibilidade da massa e melhor potencial para fabricação de pão (BUSHUK, 1998). Johansson et al. (2003) desenvolveram estudo para verificar a influência do genótipo, ano de cultivo e nível de fertilizante, na quantidade e distribuição de proteínas mono e poliméricas, bem como sua influência na qualidade de panificação. Estes autores constataram que, quando se disponibilizou maiores níveis de nitrogênio para a planta, ocorreu acréscimo na quantidade das proteínas do grão e, como conseqüência, aumento nos valores de força de glúten. Segundo Boehm et al. (2004), o aumento de proteínas do grão de trigo pode ser explicado pelo uso de fertilizantes à base de nitrogênio. Desta forma, a quantidade de proteína é diretamente proporcional à disponibilidade de nitrogênio. Para a cor de farinha, entretanto, a maior disponibilidade de nitrogênio possui implicação negativa. De acordo com Lang et al. (1998), variedades de trigo que continham altos teores de proteína apresentavam produtos

finais com coloração tendendo ao escuro, ou seja, a cor da farinha e de seus produtos foi afetada negativamente pela quantidade de proteína.

Avaliação da qualidade de trigo e de farinha de trigo

Existem vários testes para avaliação da qualidade tecnológica de trigo e de farinha de trigo, e muitas formas de agrupá-los. Neste item, visando à facilitar o entendimento, as principais avaliações físico-químicas, reológicas e de produto final foram agrupadas em testes realizados em grãos de trigo inteiros, sem levar em conta a sanidade e as análises bioquímicas (Tabela 1), testes realizados na farinha ou no trigo moído (Tabela 2), avaliação de desempenho da farinha através de testes reológicos e de alguns testes físico-químicos (Tabela 3) e avaliação da aptidão da farinha para uso final (testes com elaboração do produto final).

Avaliação de aptidão da farinha de trigo para uso final

A aptidão da farinha, ou seja, a sua indicação de uso final, é determinada por testes laboratoriais de elaboração de produto, por métodos padrão (testes de produto) ou pela elaboração do produto da forma pelo qual é consumido (análises de produto). Os produtos com testes recomendados pela AACC são mostrados na sequência.

Pães

Descrição / informações adicionais

Pão é o produto obtido pela cocção, em condições tecnologicamente adequadas, de uma massa fermentada ou não, preparada com farinha de trigo e/ou outras farinhas, que contenham naturalmen-

te proteínas formadoras de glúten ou adicionadas destas proteínas (glúten vital) e água, podendo conter outros ingredientes (ANVISA, 2000).

A farinha para pão deve apresentar glúten com boas características viscoelásticas (balanceado e de força média à forte), baixo teor de cinza e atividade enzimática adequada (número de queda entre 250 e 350 segundos).

O teste de panificação visa a avaliação da qualidade da farinha de trigo e de vários ingredientes da massa, usando método de massa direta. Os ingredientes são incorporados no passo inicial de mistura e o tempo de mistura, nível de oxidação, tempo de fermentação e absorção de água são otimizados e balanceados. O tempo de fermentação pode variar de 70 a 180 minutos, enquanto que o tempo de descanso pode variar de 24 a 60 minutos. Pode-se avaliar o efeito do ambiente, genótipo, ingredientes da massa, proteína da farinha de trigo, outros componentes e técnicas de panificação (AMERICAN..., 2000).

Equipamentos e métodos usados

Para o teste de panificação (teste de produto), empregam-se o farinógrafo para o preparo da massa, e o extensógrafo para modelar e bolear a massa, além de forno para o cozimento. Os métodos padrão empregados seguem a AACC 10-10B – pães de forma (AMERICAN..., 2000) ou o método *baking test* descrito por El-Dash (1978).

O teste de panificação simula o processo tradicional (análise de produto), e para teste de pão francês, pode-se empregar a técnica publicada por Paulley et al. (2004).

Avaliações realizadas em pães

Avalia-se o volume específico (VE= volume/peso) e faz-se a análise física e orga-

Tabela 1. Principais testes realizados no grão de trigo inteiro, que definem a qualidade tecnológica.

Teste	Descrição / informações adicionais	Equipamento usado	Método
Umidade do grão	<ul style="list-style-type: none"> É o percentual de água livre encontrado na amostra de grãos de trigo em seu estado original¹⁰. É um teste essencial, o primeiro passo na análise da qualidade de trigo, podendo o dado ser usado para outros testes¹¹. Importante na colheita, no transporte e na armazenagem, sendo responsável pela conservação dos grãos (no Brasil, até 13%). 	NIR (reflectância no IV próximo); leitura direta; SKCS (sistema de caracterização indiv. da semente)	ICC 59/1995; AOAC 925.10; ICC 110/1; SKCS
Peso do hectolitro (PH)	<ul style="list-style-type: none"> É a massa de 100 litros de trigo, expressa em kg⁵. Relacionado com a forma, tamanho e densidade do grão^{1,5}. Em geral, grãos vitreos possuem > PH que os amiláceos¹². Pode ser comparado com o rendimento de farinha de uma mesma cultivar, em diferentes ambientes¹². É medida tradicional de comercialização em vários países. 	Balança Dalle Mole ou similar	AACC 55-10 ⁶ ; Regras para Análise de Sementes ³ ; IN. n.º 7, de 15/10/2001 ⁸
Peso de mil sementes (PMS)	<ul style="list-style-type: none"> Medida do peso de 1.000 sementes de trigo. Talvez seja a melhor medida da integridade do grão⁷. Tem relação com produtividade e qualidade dos grãos⁴. Permite caracterizar uma cultivar, evidenciar os problemas ocorridos com os grãos na sua formação, estudar efeito de práticas culturais e influência do clima no cultivo⁴. 	Balança semi-analítica ou analítica ou contador de sementes	Regras para Análise de Sementes ³ ; Numigral II Tripett & Renaud
Dureza do grão (DG) ou textura	<ul style="list-style-type: none"> É a força necessária para romper o grão: resistência à moagem ou grau de dificuldade para desintegrar o grão, sob pressão. Possui componente genético e ambiental¹². Está relacionada com a intensidade de compactação entre os grânulos de amido e a matriz protéica². Trigo duro: endosperma separa-se mais facilmente do farelo e > rendimento de farinha. Trigo mole: difícil separar farinha do farelo, < rendimento e farinha mais branca¹². Dureza de grão no SKCS, expressa como índice (-20 a 120)¹¹. Dureza do endosperma afeta o teor de amido danificado⁷ 	SKCS (sistema de caracterização individual da semente, da Perten - 300 grãos) ou PSI (teste com peneira)	AACC 55-31 ⁶ (SKCS); AACC 55-30 ⁶ (PSI - índice do tamanho do tamanho de partícula)
Extração experimental (EXT) ou rendimento de farinha	<ul style="list-style-type: none"> É o processo gradual de trituração, no qual o grão é reduzido a partículas menores, em várias etapas, por meio de cilindros estriados (corrugados) e cilindros lisos¹². O condicionamento do grão antes da moagem (adição de água para 14 a 17% de umidade, conforme a dureza) permite separar mais facilmente o farelo do endosperma, melhora a peneiração, deixa a farinha mais branca e com menos cinza¹². Em geral, 100 kg de grãos de trigo produzem 72 kg de farinha mas, com grãos defeituosos, a quantidade diminui¹². 	Moinho experimental de rolos ou cilindros (Bühler, Brabender, Chopin)	AACC 26-10A ⁶
Atividade de água (Aw)	<ul style="list-style-type: none"> É uma medida do estado de energia da água num sistema⁹. Indica quão firmemente a água está ligada, estruturalmente ou quimicamente, dentro de uma substância⁹. Influencia cor, odor, aroma, textura e vida de prateleira; prediz segurança e estabilidade de muitos produtos⁹. 	Equipamento Aqualab (Decagon)	Manual do Operador do Aqualab - Water Activity Meter ⁹
Proteína, cinza, lipídios, dureza, etc	<ul style="list-style-type: none"> Analizados por NIR, que é um método de análise indireto (usa sempre método de referência e análises de proficiência). Pode-se ter a composição química do grão de trigo inteiro (ou farinha) em base seca e outras análises adicionais. 	Equipamento NIR (têm-se curvas-padrão para cada teste)	AACC 39-70A ⁶ (dureza); AACC 39-10 ⁶ (prot. trigo); 39-11 ⁶ (prot. far.)

Fonte: El-Dash et al. (1979)¹; Hoseney (1991)²; Brasil (1992)³; Mandarin (1993)⁴; Guarienti (1996)⁵; American... (2000)⁶; Atwell (2001)⁷; Brasil (2001)⁸; Water... (2003)⁹; Bruschi (2003)¹⁰; Causgrove (2004)¹¹; Mellado (2006)¹².

Tabela 2. Principais testes realizados na farinha branca (refinada) ou no trigo moído.

Teste	Descrição / informações adicionais	Equipamento usado	Método
Umidade	<ul style="list-style-type: none"> • É o percentual de água livre encontrado na amostra de farinha em seu estado original¹. - É um primeiro passo na análise da qualidade da farinha, sendo este dado usado para outros testes⁵. - Até 14% evita aglomeração da farinha e previne fungos e insetos⁴. 	Estufa com circulação de ar e estufa Brabender (oficiais); NIR	AACC 44-15A ² ; NIR
Cinza	<ul style="list-style-type: none"> • É o resíduo após a queima de todos os materiais orgânicos (amido, proteína e óleo). Composto por minerais inorgânicos presentes na camada de farelo⁶. - Pode ser determinada na farinha ou no trigo moído. - É um dos melhores testes para comprovar a eficiência da moagem, quanto à porcentagem de extração de farinha⁸. 	Mufla	AACC 08-01 ² ; AACC 08-03 ³ (rápido); AACC 08-12 ³ (farinha); ICC 104/1
Proteína	<ul style="list-style-type: none"> • São compostos orgânicos formados por aminoácidos ligados entre si por ligações peptídicas. - Os principais fatores que afetam o conteúdo de proteína são: local de plantio, condições climáticas (chuva e temperatura na maturação), práticas culturais (rotação de cultura, adubação nitrogenada), doenças, insetos-praga e genótipo⁷. - No trigo brasileiro, atualmente, é raro ter relação com força de glúten. 	Sistema Kjeldahl (digestão, destilação e titulação); NIR; análise de combustão de nitrogênio	AACC 46-12 ³ ; IN 31, de 18/10/2005.
Glúten	<ul style="list-style-type: none"> • É uma rede formada pelas proteínas insolúveis do trigo (gliadinas e gluteninas) quando se adiciona água à farinha⁷. - Envolve a formação de massa e lavagem do amido e componentes hidrossolúveis da farinha⁴. - Pode ser determinada na farinha ou no trigo moído. - Glúten úmido (GU) fornece informação da quantidade e estima a qualidade do glúten (glúten forte > 35%)⁶. 	Glutomatic (Perten); peneira (lavagem manual)	Lavagem manual: AACC 38-10 ³ ; Glutomatic: AACC 38-12 ³
Número de queda (NQ) ou falling number (FN)	<ul style="list-style-type: none"> • Estima a atividade da enzima alfa-amilase em trigo ou farinha. - Visa a detectar o dano por pré-germinação, otimizar os níveis de atividade enzimática e garantir a sanidade do grão⁹. - O trigo moído é obtido em moinho de facas com peneira de 8 mm e a farinha é obtida em moinho de rolos. - NQ < 250 s indica trigo ou farinha com germinação na espiga ou elevada atividade enzimática - Afeta a qualidade do produto final⁶. 	Equipamento Falling Number (Perten); RVA (analisador rápido de viscosidade - método <i>stirring number</i>), amilógrafo	AACC 56-81B ³ (FN); AACC 22-08 ³ (RVA); AACC 22-10 ³ (amilógrafo)
Cor	<ul style="list-style-type: none"> • A cor é característica da luz, mensurável em termos de intensidade (energia radiante) e comprimentos de onda¹. - A cor da farinha de trigo é afetada principalmente por: genótipo, processo de moagem (grau de extração, condicionamento do trigo, tamanho de partículas e teor de cinzas), estocagem da farinha e efeito de tratamentos de branqueamento. O ano da colheita (condições climáticas) e o local do plantio também podem afetar a cor da farinha⁷. 	Colorímetro (Minolta, Hunter Lab, Kent Jones etc); espectrofotômetro	AACC 14-10 ¹ (Pekar - teste comparativo); manual do colorímetro
Granulometria	<ul style="list-style-type: none"> • É a distribuição de partículas do material, que pode ser determinada por sistema de peneiras¹. - Os dados são reportados como o peso do material que permanece/ou que passa, por peneira ou conjunto de peneiras específicas, após peneiração por um tempo padrão³. - Importante na produção de biscoitos, onde não se deve ter elevada porcentagem de partículas finas. 	Sistema agitador de peneiras	AACC 66-20 ³ ; AOAC 965.22
Amido danificado (AD)	<ul style="list-style-type: none"> • São grânulos de amido que foram fisicamente alterados de sua forma granular⁴. - Grânulos de amido danificados durante a moagem do trigo, afetam a absorção de água e as características de mistura da massa da farinha resultante¹. - Pode causar, ainda, escurecimento da crosta do pão e alteração na produção de gás em sistemas fermentados⁴. 	SDMatic (Perten) - amperométrico; enzimático (incluindo kits); espectrofotométrico	AACC 76-30 ³ (enzimático); AACC 76-31 ³ (espectrofotom.); manual do SDMatic
Distribuição de tamanho de partícula	<ul style="list-style-type: none"> • Afeta o comportamento de materiais particulados (farinha). - Classifica as partículas segundo volume, número e área superficial, expressos em porcentagem. 	Analisador de partículas por difração a laser	Conforme instruções de cada fabricante

Fonte: Chaves (1980)¹; Guarienti (1996)²; American... (2000)³; Atwell (2001)⁴; Bruschi (2003)⁵; Causgrove (2004)⁶; Ortolan (2006)⁷; Mellado (2006)⁸; Pallarés et al. (2007)⁹; Miranda et al. (2008)¹⁰.

Tabela 3. Testes de natureza preditiva para avaliar o desempenho da farinha de trigo.

Teste	Descrição / informações adicionais	Equipamento usado	Método
Mixografia	<ul style="list-style-type: none"> • Teste reológico em que farinha e água são misturadas e, paralelamente, ocorre o registro do tempo de desenvolvimento da massa nos diferentes graus de quebra e sua resistência³. - Principais parâmetros avaliados: tempo de pico (tempo de desenvolvimento da massa) e tolerância à mistura. A curva indica também a absorção de água e a força de glúten⁵. - Analisa rapidamente pequenas quantidades de farinha para força de glúten da massa⁵. 	Mixógrafo (National)	AACC 54-40A ⁴
Alveografia	<ul style="list-style-type: none"> • Teste reológico baseado em deformação biaxial, que permite conhecer as características mecânicas (viscoelásticas) da massa. Estuda a maquinabilidade das massas⁶. - Principais parâmetros avaliados: tenacidade (P), correlacionada à capacidade de absorção de água da farinha; extensibilidade (L), indicativa do volume do pão (> L, > volume do pão); relação P/L (glúten: < 0,6= extensível, de 0,61 a 1,2= balanceado, e > 1,21= tenaz); força de glúten (W)³ e índice de elasticidade (le). 	Alveógrafo (Chopin)	AACC 54-30A ⁴
Extensografia	<ul style="list-style-type: none"> • Teste reológico baseado em deformação uniaxial, usado para estudar a qualidade das farinhas e analisar o efeito de diferentes aditivos. Estuda a maquinabilidade das massas⁶. - Principais parâmetros avaliados: resistência à extensão (R), extensibilidade (E), razão R/E e área sob a curva ou energia⁵. - O processo de modelagem e boleamento da massa serve para prever mudanças nas propriedades da massa, simulando o período de fermentação na panificação convencional². 	Extensógrafo (Brabender, criado em 1936 ²)	AACC 54-10 ⁴
Farinografia	<ul style="list-style-type: none"> • Teste reológico de avaliação das propriedades de mistura da massa de farinha de trigo na fase de amassamento. - Principais parâmetros avaliados: absorção de água (AA); tempo de desenvolvimento da massa (TDM); estabilidade (EST) - tempo que a massa mantém o máximo de consistência no processamento - indicativo da força massa) e índice de tolerância à mistura (ITM)⁵. - Os resultados servem para estimar a quantidade de água para fazer a massa, o efeito de ingredientes na mistura, as condições de mistura e uniformidade da farinha, e para prever textura⁵. 	Farinógrafo (Brabender, criado em 1930 ²); Promilógrafo (Max-Egger)	AACC 54-21 ⁴
Microssedimentação com dodecil sulfato de sódio(MS-SDS)	<ul style="list-style-type: none"> • Teste físico-químico baseado na precipitação das proteínas em meio ácido⁷. - Serve para estimar a força de glúten em programas de melhoramento, pois requer apenas uma grama de amostra. - Necessita rigoroso controle de temperatura ambiente e das soluções, e tamanho de partículas uniforme¹. 	Vortex, banho-maria, agitador de tubos	AACC 56-60 ⁴
Capacidade de retenção de solvente (CRS)	<ul style="list-style-type: none"> • Teste físico-químico que determina a habilidade de uma farinha para reter um conjunto de quatro solventes que se relacionam com um componente da farinha: ácido láctico 5% (glutenina), sacarose 50% (pentosanas e gliadina), carbonato de sódio 5% (amido danificado) e água destilada (todos os constituintes)⁶. - As porcentagens de CRS de cada solvente geram um perfil de qualidade e de funcionalidade para prever seu desempenho panificativo⁶. 	Centrifuga (para tubos de 0,2 g, 1 g ou 5 g)	AACC 56-11 ⁴
Propriedades de pasta	<ul style="list-style-type: none"> • São propriedades de viscosidade do amido, avaliadas em ciclos de esfriamento/ aquecimento⁵. - Fundamental conhecer o comportamento do amido para aplicações baseadas no poder espessante das farinhas, como molhos ou empanados⁶. - A temperatura de gelatinização afeta a expansão das massas de panificação ou de bolos durante o forneamento, embora a retrogradação seja a principal causa de endurecimento do pão⁶. - Principais parâmetros avaliados: temperatura de pasta; tempo de viscosidade máxima; viscosidade máxima; viscosidade mínima à temperatura constante (95 °C) e viscosidade final. 	Viscoamilógrafo (Brabender) ou RVA (analisador rápido de viscosidade, da Newport Scientific)	AACC 76-21 ⁴ (RVA); viscoamilógrafo
Mixolab	<ul style="list-style-type: none"> • Avalia propriedades enzimáticas e reológicas da farinha. - Inclui, no mesmo teste, qualidade protéica, comportamento do amido e atividade enzimática, com seus parâmetros⁹. 	Mixolab (Chopin)	Chopin ⁸

Fonte: Dick e Quick (1983)¹; Bloksma e Bushuck (1988)²; Guarienti (1996)³; American... (2000)⁴; Causgrove (2004)⁵; Pallarés, et al. (2007)⁶; Peña et al. (1990)⁷; Methods... (2009)⁸; Grain... (2009)⁹.

noléptica dos pães. O volume do pão pode ser avaliado em medidor de volume específico de pão, podendo ser usado o método 10-05, da AACC (AMERICAN..., 2000).

Na análise física e organoléptica dos pães, são avaliadas as características internas (volume, cor da crosta, quebra e simetria) e características externas (características da crosta, cor do miolo, estrutura do miolo e textura do miolo), assim como aroma e gosto. Pode ser realizada determinação de textura instrumental e análise sensorial, com provadores treinados ou não.

Biscoitos tipo “cookie” ou semi-doces duros

Descrição / informações adicionais

Biscoito ou bolacha é o produto obtido pelo amassamento e cozimento conveniente de massa preparada com farinhas, amidos, féculas fermentadas ou não, e outras substâncias alimentícias (ANVISA, 1978). Os biscoitos tipo “cookie” (semi-doces duros, cortados por fio ou formados por rolo) são produtos elaborados a partir de massas contendo altos níveis de lipídios ou açúcar (ou ambos), nos quais a rede de glúten não se desenvolveu (HOSENEY et al., 1988).

Para produção de farinha para biscoitos, a dureza do grão de trigo é muito importante, em razão da quantidade de amido danificado, sendo ideal grãos macios que produzam menor teor de amido danificado. Segundo Moretto e Fett (1999), a farinha ideal para este tipo de biscoito deve ter taxa de extração de 70% a 75%, teor de proteína de 8% a 9,5% e farinha com tamanho de partículas o mais uniforme possível. Conforme Hosenev et al. (1988), o tamanho de partícula deve ser fino porque produz volume melhorado de biscoito, com maior claridade.

De acordo com Moretto; Fett (1999), a capacidade de retenção de água está diretamente relacionada com o diâmetro do biscoito. Para biscoitos, é desejável farinha com baixa absorção de água (HOSENEY et al., 1988).

O resfriamento dos biscoitos deve ser lento para evitar quebras e devem ser eliminadas correntes de ar frio (Silva, 1997).

Equipamentos e métodos usados

Micromixer especial para biscoitos (National) e forno giratório. Os métodos AACC 10-50D (225 g de farinha) e AACC 10-52 (micro-método, 40 g de farinha) são empregados para diagnosticar qualidade de farinha para produção de biscoitos doces e de produtos de confeitaria, exceto bolos e crackers (AMERICAN..., 2000). O método 10-52 foi revisado (Revised AACC Method 10-52, Micro Sugar-Snap Cookie Method) e as alterações publicadas em 2009, sendo acessados on-line, no site da AACC, por meio de assinatura. Os métodos da AACC 10-53 (225 g) e 10-54 (micro-método, 40 g) referem-se a biscoitos denominados cortados por fio/arame (AMERICAN..., 2000).

Avaliações realizadas em biscoitos

Pode ser realizada análise de textura instrumental, com analisador de textura.

O teste de *cookie spread* é um bom indicador do comportamento da farinha durante o cozimento (MORETTO; FETT, 1999). Outros parâmetros que podem ser avaliados em biscoitos são: peso antes e após o forneamento, diâmetro, volume, espessura, volume específico, fator de expansão, cor, atividade de água e umidade final. Conforme Moretto e Fett (1999), para evitar quebra, é importante conhecer a umidade final dos biscoitos, que deve estar em torno de 2% a 3%, e o gradiente de umidade

entre o centro e as extremidades do biscoito deve ser o menor possível (0,5% a 1%).

Bolos

Descrição / informações adicionais

O bolo é um alimento à base de farinha de trigo, geralmente doce e cozido no forno.

A redução do tamanho de partículas da farinha melhora a qualidade aparente das farinhas para bolo (HOSENEY et al., 1988). A estabilidade final do bolo depende da presença de grânulos de amido intumescidos uniformemente, portanto, não deve ter muitos grânulos de amido danificados, deve ser livre de proteína aderida e não deve ser atacado por enzimas amilolíticas. Assim, grãos de textura mole e baixa atividade enzimática, que produzam farinhas com partículas bem finas, são os ideais para produção de bolos (KENT; EVERS, 1994).

Equipamentos e métodos usados

Masseira para bolo (Ex. Robart) e forno. Método 10-90 (AMERICAN..., 2000).

Avaliações realizadas em bolos

As principais análises realizadas na produção de bolos são: densidade específica da massa, peso antes e após o cozimento, crescimento do bolo (altura antes e após o cozimento), volume específico e textura, em analisador de textura. Pelo método AACC 10-90 (AMERICAN..., 2000), são avaliadas as características internas do bolo (células, granulabilidade, textura, cor do miolo, e aroma e sabor) e é feita avaliação visual.

Massas alimentícias

Descrição / informações adicionais

Entende-se por massas alimentícias qualquer massa preparada com material

proveniente do trigo (farinha ou semolina), não fermentada, salgada ou arejada, amassada a frio ou a quente, com ou sem adição de outros ingredientes para conferir cor ou aroma (CIACCO; CHANG, 1986). A farinha para massas deve ter granulometria mais grossa (semolina) e uniforme (ausência de finos, para evitar gelatinização, sólidos solúveis e hidratação e, conseqüentemente, problemas de secagem), baixa atividade amilolítica (número de queda superior a 300 s), alto teor de proteína (>12%) e glúten tenaz (PUPP, 1996).

Equipamentos e métodos usados

Os equipamentos básicos são extrusor, mixer e câmara de secagem. As massas alimentícias podem ser produzidas pelos métodos AACC 66-41 (processamento de pasta em macroescala) e AACC 66-42 (processamento de pasta em microescala), usando também farinógrafo e prensa hidráulica de laboratório.

Avaliações realizadas em massas alimentícias

A qualidade de massas alimentícias pode ser estimada por meio de seu desempenho, durante o cozimento (tempo de cozimento, água absorvida, volume do produto cozido, aumento de volume, resíduo e qualidade do cozimento). Além destes, a cor e a textura do produto final também devem ser avaliadas (CIACCO; CHANG, 1986).

A qualidade de cozimento (firmeza) de pasta e de *noodles* pode ser avaliada pelo método AACC 66-50, empregando analisador de textura (AMERICAN..., 2000).

Outros produtos e avaliações

As diretrizes apresentadas no método 10-13 da AACC (diretrizes para testar uma variedade de produtos, do inglês

Guidelines for testing a variety of products) incluem guias para produtos acabados, fórmulas e procedimentos para uma ampla faixa de produtos, que incluem massa para pizza congelada, *pretzels*, farinha para tortilhas, roscas, pão de hambúrguer, pão francês e pão de farinha integral. Estas fórmulas e procedimentos podem servir de ponto de partida para pesquisa básica e aplicada, podendo ser úteis em testes de qualidade de farinha, desenvolvimento de produto ou desenvolvimento de aplicações de ingredientes (AMERICAN..., 2000).

Entre as análises que podem ser realizadas nos produtos finais, cita-se a análise de textura, que pode ser determinada em texturômetro, como o TAX-T2, da empresa Stable Micro Systems Limited. Alguns métodos padrão de avaliação de pães, biscoitos e bolos, incluem análises de textura destes produtos finais.

Complementarmente, pode ser realizada análise sensorial dos produtos e testes de vida de prateleira (testes acelerados de envelhecimento). Contudo, os métodos de determinação da aptidão de uso final da farinha, através da elaboração do produto em questão, são a melhor maneira de prever o comportamento da farinha em maior escala, o que pode ou não comprovar os resultados de desempenho da farinha obtidos pelos testes reológicos e de comportamento do amido.

Considerações finais

O rápido incremento da população mundial demanda aumento paralelo da produção de alimentos, particularmente de trigo. Isto deve ocorrer não pelo aumento de área plantada, mas pelo incremento do potencial de rendimento das novas cultivares de trigo. Aumentar o ren-

dimento, sem afetar negativamente a qualidade do grão, é difícil pois em geral, esse vem acompanhado da diminuição da qualidade panificativa (PEÑA, 2002).

Os melhoristas de trigo necessitam fornecer aspectos de qualidade ao grão com a mesma importância que concedem ao potencial de rendimento e resistência a doenças. Para isso, devem compreender o controle genético de componentes específicos do grão, e a relação entre composição do grão e qualidade de processamento. Devem, ainda, encontrar rápida identificação e manipulação de características relacionadas à qualidade, baseadas no uso de metodologia confiável, rápida e de pequena escala para testar qualidade (PEÑA, 2002).

A avaliação da qualidade tecnológica de trigo é fundamental, uma vez que fatores econômicos e políticos estão vinculados a esta. Conforme Miranda et al. (2008), a caracterização do trigo e da farinha de trigo quanto à qualidade tecnológica é a chave para a adequada comercialização do trigo brasileiro, e consequente produção de derivados de trigo para os diferentes segmentos do complexo tritícola.

Contudo, somente o conhecimento da qualidade tecnológica do trigo não basta, deve-se conhecer também os fatores ambientais e inerentes ao genótipo. O melhoramento genético de trigo deve continuar na busca do desenvolvimento de cultivares mais estáveis às variações climáticas (por exemplo, com resistência à germinação na espiga) e às doenças (como resistência a giberela).

Outros desafios não devem ser esquecidos, como por exemplo, desenvolver trigo para biscoitos doces com textura macia e baixo teor de proteína, visando obter baixo teor de amido danificado e baixa absorção de água, respectivamente. Nes-

te caso, não adianta ter grão duro por ser mais resistente ao clima, se este não apresentar qualidade para esse produto final. Outra possibilidade é desenvolver trigo para mercados específicos, como o trigo ceroso (*waxy*), com a finalidade de uso em alimentos que requerem ciclos de congelamento/descongelamento, para massas tipo *noodles* e ainda, trigo rico em amilose, servindo como alimento funcional, uma vez que possui amido resistente, que apresenta comportamento semelhante à fibra alimentar.

O grande desafio da pesquisa, especialmente num país de dimensões continentais e de clima predominantemente tropical (temperado somente no sul do Brasil),

é baseado no conhecimento da qualidade tecnológica e dos fatores ambientais que a afetam. Importante é, também, o desenvolvimento de cultivares que mantenham a qualidade reológica entre as diferentes safras de trigo, independente do clima e do ambiente, com elevado rendimento em grãos e com qualidade adequada para usos específicos.

No entanto, produzir trigo com qualidade tecnológica adequada não é suficiente, é necessário manter esta qualidade no armazenamento. Os aspectos sobre gestão da qualidade na pós-colheita de trigo serão abordados em capítulo específico nesta publicação.

Referências

ABITRIGO. **Participação no mercado de farinhas de trigo e derivados** – 2008. Disponível em:

<<http://www.abitrigo.com.br/download.asp?cdnivel=178&nivel=4.1.1>>. Acesso em: 22 ago. 2009.

ALTENBACH, S. B.; KOTHARI, K. M.; LIEU, D., Environmental conditions during wheat grain development alter temporal regulation of major gluten protein genes. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 79, n. 2, p. 279-285, 2002.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods**. 10. ed. Saint Paul, 2000.

ANVISA. Resolução nº 12 de 24 jul. 1978. Aprova normas técnicas especiais, do Estado de São Paulo, revistas pela CNNPA, relativas a alimentos (e bebidas), para efeito em todo território brasileiro. Revogada. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=16216&word=biscoito>>. Acesso em: 9 set. 2008.

ANVISA. Resolução nº 90 de 18 out. 2000. Aprova o regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de pão. Disponível em: <http://200.198.201.69/legis/resol/2000/90_00rdc.htm>. Acesso em: 9 set. 2008.

ATWELL, W. A. **Wheat flour**. Saint Paul: Eagan Press, 2001. 134 p.

BEKE, D.; KISMANYOKY, T.; SCHIDT, R.; SZAKAL, P. Yield and soil condition studies in organic fertilisation experiments. **Cereal research communications**, v. 34, n. 1, p. 119-122, 2006.

BEQUETTE, R. K. Influence of variety and environment on wheat quality. **Association of Operative Millers Bulletin**, Leawood, p. 5443-5450, May 1989.

BLACK, M.; BUTLER, J.; HUGHES, M. Control and development of dormancy in cereals. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM PRE-HARVEST SPROUTING IN CEREALS, 4., 1987, Boulder. **Proceedings...** Boulder: Westview Press, 1987. p. 13-15.

BLOKSMA, A. H.; BUSHUK, W. Rheology and chemistry of dough. In: POMERANZ, Y. (Ed.). **Wheat: chemistry and technology**. 3. ed. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1988. chap. 4, p. 131-217.

BLUMENTHAL, C.; BÉKÉS, F.; GRAS, P. W.; BARLOW, E. W. R.; WRIGLEY, C. W. Identification of wheat genotypes tolerant to the effects of heat stress on grain quality. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 72, n. 6, p. 539-544, 1995.

BOEHM, D. J.; BERZONSKY, W. A.; BHATTACHARYA, M. Influence of nitrogen fertilizer treatments on spring wheat (*Triticum aestivum* L.) flour characteristics and

- effect on fresh and frozen dough quality. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 81, n. 1, p. 51-54, 2004.
- BORGHI, B.; GIORDANI, G.; CORBELLINI, M.; VACCINO, P.; GUERMANDI, M.; TODERI, G. Influence of crop rotation, manure and fertilizers on bread making quality of wheat (*Triticum aestivum* L.). **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 4, n. 1, p. 37-45, 1995.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras de análises para sementes**. Brasília, 1992. 365 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa SARC nº 7, de 15 de agosto de 2001. Regulamento técnico de identidade e de qualidade do trigo. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 160-E, 21 ago. 2001. Seção 1.p. 33-35.
- BRUSCHI, R. H. **Qualidade comercial da matéria-prima trigo**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 61 p.
- BUSHUK, W. Wheat breeding for end-product use. **Euphytica**, Wageningen, v. 100, n. 1/3, p. 137-145, 1998.
- CAUSGROVE, P. (Ed.). **Wheat and flour testing methods: a guide to understanding wheat and flour quality**. Portland: Wheat Marketing Center, 2004. 71 p.
- CHAVES, J. B. P. **Controle de qualidade para indústrias de alimentos**. Viçosa: Imprensa da UFV, 1980. p. 18-30.
- CIACCO, C. F.; CHANG, Y. K. **Como fazer massas**. Campinas: Ícone: Unicamp, 1986. 127 p.
- CIAFFI, M.; TOZZI, L.; BORGHI, B.; CORBELLINI, M.; LAFIANDRA, D. Effect of heat shock during grain filling on the gluten protein composition of bread wheat. **Journal of Cereal Science**, London, v. 24, n. 2, p. 91-100, 1996.
- DERERA, N. F. **Preharvest field sprouting in cereals**. Boca Raton: CRC Press, 1989. 176 p.
- DEXTER, J. E.; MARTIN, D. G.; PRESTON, K. R.; TIPPLES, K. H.; MacGREGOR, A. W. The effect of frost damage on the milling end baking quality of red spring wheat. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 62, n. 2, p. 75-80, 1985.
- DICK, J. W.; QUICK, J. S. A modified screening test for rapid estimation of gluten strength in early-generation durum wheat breeding lines. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 60, n. 4, p. 315-318, 1983.
- EAGLES, H. A.; HOLLAMBY, G. J.; GORORO, N. N.; EASTWOOD, R. F. Estimation and utilisation of glutenin gene effects from the analysis of unbalanced data from wheat breeding programs. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 53, n. 4, p. 1047-1057, 2002.
- EL-DASH, A. A. Standardized mixing and fermentation procedure for experimental baking test. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 55, n. 4, p. 436-446, 1978.
- EL-DASH, A. A.; DIAS, N. M.; CRUZ, R. **Trigo: química e controle de qualidade**. Campinas: Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia, 1979. 156 p.
- FINNEY, K. F.; YAMAZAKI, W. T.; YOUNGS, V. L.; RUBENTHALER, G. L. Quality of hard, soft, and durum wheats. In: HEYNE, E. G. (Ed.). **Wheat and wheat improvement**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1987. p. 677-748.
- GERMANI, R.; BENASSI, V. T.; TORREZAN, R.; CARVALHO, J. L. V.; MAZZARI, M. R. **Curso para laboratoristas da indústria moageira de trigo - 22/03-02/04/1993**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, 1993. 65 p.
- GIANIBELLI, M. C.; LARROQUE, O. R.; MACRITCHIE, F.; WRIGLEY, C. **Biochemical, genetic, and molecular characterization of wheat endosperm proteins**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 2001. 20 p. Disponível em: <<http://www.aaccnet.org/cerealchemistry/freetarticle/gianibelli.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2010.
- GRAIN & Flour Products: Rheology - **Mixolab System**. Disponível em: <<http://www.labsynergy.com/quality-control-products-mixolab-system.htm>>. Acesso em: 8 mar. 2009.
- GREENAWAY, W. T. The sprouted wheat problem: the search for a solution. **Cereal Science Today**, St. Paul, v. 14, n. 12, p. 390, 393-395, 406, 1969.
- GUARIENTI, E. M. **Qualidade industrial de trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1996. 36 p.
- GUARIENTI, E. M.; CIACCO, C. F.; BEVILAQUA, G. A. P.; DEL DUCA, L. de J. A.; CAMARGO, C. M. de O. Efeitos da precipitação pluvial, da umidade relativa do ar e de excesso e déficit hídrico do solo no peso do hectolitro, no peso de mil grãos e no rendimento de grãos de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 412-418, 2005a.
- GUARIENTI, E. M.; CIACCO, C. F.; CUNHA, G. R. da; DEL DUCA, L. de J. A.; CAMARGO, C. M. de O. Influência das temperaturas mínima e máxima em características de qualidade industrial e em rendimento de grãos de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 505-515, 2004.
- GUARIENTI, E. M.; SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B. Efeito se sistemas de rotação de culturas sobre características de qualidade tecnológica de trigo. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 11, n. 1/2, p. 31-38, 2005b.
- GUARIENTI, E. M.; SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B. Influência do manejo de solo e da rotação de culturas na qualidade industrial do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 12, p. 2382-2382, 2000.

- GUPTA, R. B.; MACRITCHIE, F. Allelic variation at glutenin subunit and gliadina loci, Glu-1, Glu-3 and Gli-1 of common wheats. II. Biochemical basis of the allelic effects on dough properties. **Journal of Cereal Science**, London, v. 19, n. 1, p. 19-29, 1994.
- GUPTA, R. B.; SHEPHERD, K. W. Two-step one-dimensional SDS-PAGE analysis of LMW subunits of glutelin. 2. Genetic control of the subunits in species related to wheat. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 80, n. 2, p. 183-187, 1990.
- HIRANO, J. Effects of rain in ripening period on the grain quality of wheat. **Japan Agricultural Research Quarterly**, Ibaraki, v. 10, n. 4, p. 168-173, 1976.
- HOSENEY, R. C. **Principios de ciencia y tecnología de los cereales**. Zaragoza: Acribia, 1991. 321 p.
- HOSENEY, R. C.; WADE, P.; FINLEY, J. W. Soft wheat products. In: POMERANZ, Y. (Ed.). **Wheat: chemistry and technology**. 3. ed. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1988. chap. 7, p. 407-456.
- JOHANSSON, E.; PRIETO-LINDE, M. L.; SVENSSON G.; JÖNSSON, J. Ö. Influences of cultivar, cultivation year and fertilizer rate on amount of protein groups and amount and size distribution of mono- and polymeric proteins in wheat. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 140, n. 3, p. 275-284, 2003.
- KENT, N. L.; EVERS, A. D. **Technology of cereals: an introduction for students of food science and agriculture**. 4. ed. Oxford: Pergamon, 1994. 334 p.
- LAGUDAH, E. S.; APPELS, R.; BROWN, A. H. D.; MCNEIL, D. The molecular-genetic analysis of *Triticum tauschii*, the D-genome donor to hexaploid wheat. **Genome**, Ottawa, v. 34, n. 3, p. 375-386, 1991.
- LANG, C. E.; LANNING, S. P.; KUSHNAK, G. D.; CARLSON, G. D.; BRUCKNER, P. L.; TALBERT, L. E. Relationship between quality and noodle quality in hard white spring wheat. **Crop science**, Madison, v. 38, n. 3, p. 823-827, 1998.
- LOPÉZ-BELLIDO, L.; FUENTES, M.; CASTILLO, J. E.; LÓPEZ-GARRIDO, F. J. Effects of tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on wheat-grain quality grown under rainfed Mediterranean conditions. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 57, n. 3, p. 265-276, 1998.
- MANDARINO, J. M. G. **Aspectos importantes para a qualidade do trigo**. Londrina: EMBRAPA-CNPQ, 1993. 32 p. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 60).
- MCCRATE, A. J.; NIELSEN, M. T.; PAULSEN, C. M.; HEYNE, E. G. Preharvest sprouting and alpha amylase activity in hard red and hard white winter wheat cultivars. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 58, n. 5, p. 424-428, 1981.
- MELLADO, M. Z. **El trigo en Chile: cultura, ciencia y tecnología**. Chillán: Instituto de Investigaciones Agropecuarias - Centro Regional de Investigación Quilamapu, 2006. 684 p. (INIA. Colección libros, 21).
- MELLADO, M. Z.; MALDONADO I. I.; GRANGER Z. D. Efecto de la lluvia, posterior a la madurez de cosecha, sobre el grano de trigo. **Agricultura Técnica**, v. 45, n. 3, p. 247-251, 1985.
- METHODS and equipment for the control and the characteristics of cereals and their derivatives - Mixolab. Disponível em: <http://www.chopin.fr/fiche_mixolab.php?myLangue=uk>. Acesso em: 8 mar. 2009.
- MIRANDA, M. Z.; DE MORI, C.; LORINI, I. **Qualidade do trigo brasileiro: safra 2005**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 102 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 80).
- MORETTO, E.; FETT, R. **Processamento e análise de biscoitos**. São Paulo: Varela, 1999. 97 p.
- MOSS, H. J.; DERERA, N. F.; BALAAM, L. N. Effect of pre-harvest rain on germination in the ear and α -amylase activity of Australian wheat. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 23, n. 5, p. 769-777, 1972.
- NODA, K.; KAWABATA, C.; KAWAKAMI, N. Response of wheat grain to ABA and imbibition at low temperature. **Plant Breeding**, Berlin, v. 113, n. 1, p. 53-57, 1994.
- ORTOLAN, F. **Genótipos de trigo do Paraná – safra 2004: caracterização e fatores relacionados à alteração da cor de farinha**. 2006. 140 p. Dissertação. (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- PALLARÉS, M. G.; LEÓN, A. E.; ROSELL, C. M. Trigo. In: LEÓN, A. E.; ROSELL, C. M. (Ed.). **De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica**. Córdoba: Hugo Báez Editor, 2007. cap. 1, p. 17-71.
- PAULLEY, P.; VÁZQUEZ, D.; LYSENKO, E.; Y PRESTON, K. R. Development and Optimization of an Uruguayan French style laboratory baking test using Canadian wheat flour. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 84, n. 4, p. 949-954, 2004.
- PAYNE, P. I.; NIGHTINGALE, M. A.; KRATTIGER, A. F.; HOLT, L. M. The relationship between HMW glutenin sub-unit composition and the bread making quality of British grown wheat varieties. **Journal of Science of Food and Agriculture**, London, v. 40, n. 1, p. 51-65, 1987.
- PEÑA, R. J. Wheat for bread and other foods. In: CURTIS, B. C.; RAJARAM, S.; MACPHERSON, H. G. (Ed.). **Bread wheat: improvement and production**. Rome: FAO, 2002. 567 p. (FAO. Plant production and protection, 30).
- PEÑA, R. J.; AMAYA, A.; RAJARAM, S.; MUJEEB-KAZI, A. Variation in quality characteristics associated with some spring 1B/1R translocation wheats. **Journal of**

- Cereal Science**, London, v. 12, n. 2, p. 105-112, 1990.
- PERTEN, H. Application of the falling number method for evaluating alpha-amylase activity. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 41, n. 3, p. 127-140, 1964.
- POMERANZ, Y. **Modern cereal science and technology**. New York: VCH Publishers, 1987. chap. 7, p. 72-150.
- PRESTON, K. R.; KILBORN, R. H.; MORGAN, B. C.; BABB, J. C. Effects of frost and immaturity on the quality of a canadian hard red spring wheat. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 68, n. 2, p. 133-138, 1991.
- PUPP, L. Farinha de trigo: características tecnológicas e aplicações. In: SEMINÁRIO Condições adequadas para a produção de pães, massas e biscoitos, 1996, Campinas. [Palestras...]. Campinas: ITAL, 1996. Seção 4, p. 4.1-4.9.
- RAGAEI, S.; ABDEL-AAL, E. M. Pasting properties of starch and protein in selected cereals and quality of their food products. **Food Chemistry**, Essex, v. 95, n. 1, p. 9-18, 2006.
- SHEWRY, P. R.; HALFORD, N. G.; TATHAM, A. S. The high molecular weight subunits of wheat glutenin. **Journal of Cereal Science**, London, v. 15, n. 2, p. 105-120, 1992.
- SILVA, M. R. **Caracterização química e nutricional da farinha de jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.)**: desenvolvimento e otimização de produtos através de testes sensoriais afetivos. 1997. 158 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- STONE, P. J.; GRAS, P. W.; NICOLAS, M. E. The influence of recovery temperature on the effects of a brief heat shock on wheat. III. Grain protein composition and dough properties. **Journal of Cereal Science**, London, v. 25, p. 129-141, 1997.
- STONE, P. J.; NICOLAS, M. E. A survey of the effects of high temperatures during grain filling on yield and quality of 75 wheat cultivars. **Australian Journal Agricultural Research**, Melbourne, v. 46, n. 3, p. 475-492, 1995.
- TAHIR, I. S. A.; NAKATA, N.; ALI, A. M. Genotypic and temperature effects on wheat grain yield and quality in a hot irrigated environment. **Plant Breeding**, Berlin, v. 125, n. 4, p. 323-330, 2006.
- TRETOWAN, R. Avances en el mejoramiento de trigos tolerantes a brotación de la espiga. In: KOHLI, M. M.; ACKERMANN, M. D. de; CASTRO, M. (Ed.). **Estrategias y metodologías utilizadas en el mejoramiento de trigo: un enfoque multidisciplinario**. México: CIMMYT; Montevideo: INIA, 2003, p. 303. Edição dos trabalhos apresentados no Seminário Internacional sobre Melhoramento de Trigo, La Estanzuela, Colonia, Uruguai, out. 2001.
- WATER activity meter: operator's manual version 2. Pullmann: Decagon Devices, 2003. 112 p. Disponível em: <<http://www.labcell.com/pdf/AquaLab%20Series%203B%20Manual%20V2.0.pdf>>. Acesso em: 4 ago. 2008.
- WEEGELS, P. L.; HAMER, R. J.; SCHOFIELD, J. D. Functional properties of wheat glutenin. **Journal of Cereal Science**, London, v. 23, n. 1, p. 1-18, 1996.
- WIESER, H. Chemistry of gluten proteins. **Food Microbiology**, London, v. 24, n. 2, p. 115-119, 2007.
- WIESER, H.; HARTMANN G.; KOEHLER P. Studies on the degradation of gluten proteins during germination of wheat. In: INTERNATIONAL GLUTEN WORKSHOP, 9., 2006, San Francisco, CA, USA. [Gluten proteins]. St. Paul: AACC International, 2007. p. 208-212.
- WHAT determines wheat quality? IRRI-CIMMYT / Cereal Knowledge Bank, 2008. Disponível em: <<http://www.knowledgebank.irri.org/ckb/index.php/post-harvest/what-determines-wheat-quality>>. Acesso em: 11 set. 2008.
- ZANATTA, A. C. A.; SILVA, S. D. dos A. e; MILANI, W.; LUZA, J.; ARENDT, P. **Uso de marcadores protéicos na seleção de trigo (*Triticum aestivum* L. em. Thell.) com qualidade tecnológica superior na Embrapa Trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. 6 p. html (Embrapa Trigo. Comunicado técnico online, 85). Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co85.htm>. Acesso em: 11 set. 2008.