

Efeito do armazenamento à baixa temperatura ($-4\text{ }^{\circ}\text{C}$) na cor e no teor de acidez da farinha de trigo

Effect of storage at low temperature ($-4\text{ }^{\circ}\text{C}$) in the color and acidity content of wheat flour

Fernanda ORTOLAN^{2*}, Luisa Helena HECKTHEUER², Martha Zavariz de MIRANDA¹

Resumo

Durante o armazenamento de farinha de trigo, podem ocorrer mudanças bioquímicas que resultam em alterações nutricionais e tecnológicas, sendo que em baixa temperatura estas mudanças ocorrem mais lentamente. Entre as alterações, pode-se citar o aumento da acidez, a redução do pH e as modificações na sua cor. O presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos do armazenamento à baixa temperatura ($-4\text{ }^{\circ}\text{C}$) na cor e na acidez da farinha de trigo durante seis meses e correlacionar os resultados obtidos para investigar se a acidez tem relação com a cor da farinha. Foram utilizadas farinhas provenientes de dez genótipos de trigo cultivados em Cascavel, no Estado do Paraná. A cor foi determinada no sistema CIEL*a*b* através dos parâmetros de cor: L* (luminosidade), a* e b* (coordenadas de cromaticidade). Usou-se procedimento da AOAC para determinação da acidez de lipídios. As farinhas apresentaram tendência ao branqueamento durante o período de seis meses de armazenamento, com ocorrência de leve aumento da acidez, mas dentro dos teores aceitáveis. A acidez não foi considerada um fator envolvido na alteração da cor das farinhas no armazenamento à baixa temperatura, pois não houve correlação entre estes dois parâmetros.

Palavras-chave: farinha de trigo; cor; acidez; armazenamento.

Abstract

During wheat flour storage, biochemical changes can occur which lead to nutritional and technological alterations, but in low temperature these changes can occur more slowly. Among the reactions, we may note are an increase in acidity, reduction of pH and modifications to its color. The present work aimed to evaluate the effects of storage at low temperature ($-4\text{ }^{\circ}\text{C}$) on the color and acidity of wheat flour over six months and to correlate the results obtained to discover whether the acidity has any relationship with the color of the flour. Flours of ten wheat genotypes, cultivated in Cascavel, in Paraná State were used. The color was determined via the CIEL*a*b* system using the color parameters: L* (brightness), a* and b* (chromaticity coordinates). The AOAC procedure for lipid acidity was used. The flours displayed a tendency to discoloration during the six-month storage period, with the occurrence of a slight increase in acidity, but with acceptable content. The acidity was not considered to be a factor involved in the alteration of the flour color in the storage at low temperature, because no correlation between these two parameters was observed.

Keywords: wheat flour; color; acidity; storage.

1 Introdução

O grão de trigo apresenta alta estabilidade sob condições de estocagem apropriadas (POSNER, 2000), sendo consumido, principalmente, sob a forma de farinha (MIRANDA, 1998). Com a maturação da farinha durante a estocagem, é esperada uma mudança na sua cor (POMERANZ, 1974).

A legislação brasileira (BRASIL, 2005) estabelece que a farinha de trigo deva apresentar cor branca, com tons leves de amarelo, marrom ou cinza, conforme o trigo de origem. Por outro lado, a cor dependerá também do tempo de armazenamento, que tem influência sobre a qualidade tecnológica da farinha, e que poderá resultar em modificações dos seus parâmetros nutricionais e sensoriais (HRUŠKOVÁ; MACHOVÁ, 2002).

As principais alterações bioquímicas que ocorrem durante a estocagem de farinhas envolvem compostos insaturados, como os ácidos graxos e os carotenoides.

O fenômeno de envelhecimento de farinhas de trigo está intimamente ligado aos lipídios e é extremamente complexo (GRACZA, 1965). Os lipídios, apesar de presentes em níveis baixos no grão e na farinha de trigo, são responsáveis pelos problemas de rancificação (rancidez hidrolítica e oxidativa) nestes produtos (GALLIARD; GALLAGHER, 1988). De modo geral, os lipídios encontrados no trigo são predominantemente insaturados, sendo potencialmente sensíveis à oxidação (PRABHASANKAR; RAO, 1999). O processo de oxidação é espontâneo e inevitável, ocorrendo por mecanismo enzimático, através da lipoxigenase (LOX), que pode causar modificações na cor da farinha, perdas na textura, no sabor e no odor, e alterações nutricionais, como degradação de vitaminas, aminoácidos e ácidos graxos essenciais (FARRINGTON; WARWICK; SHEARER, 1981).

Recebido para publicação em 6/5/2008

Aceito para publicação em 28/10/2008 (003162)

¹ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA Trigo, CEP 99001-970, Passo Fundo - RS, Brasil

² Tecnologia e Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria - RS, Brasil, E-mail: fer_ortolan@hotmail.com

*A quem a correspondência deve ser enviada

Normalmente a acidez da farinha aumenta com o seu armazenamento (MIRANDA; EL DASH, 2002). Isso tem sido atribuído à ocorrência de vários fenômenos diferentes: hidrólise gradual de lipídios, produzindo ácidos graxos; hidrólise de proteínas, produzindo aminoácidos ou produtos intermediários da decomposição de proteínas; e separação enzimática da fitina, produzindo ácido fosfórico (JOHNSON; GREEN, 1931).

O estudo da acidez da farinha de trigo, assim como os produtos fabricados a partir desta é de grande importância, não somente no aspecto econômico, através de perdas devido à diminuição da vida de prateleira, mas também pela redução da aceitabilidade destes produtos pelos consumidores através das mudanças de coloração apresentadas.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi verificar os efeitos do armazenamento à baixa temperatura ($-4\text{ }^{\circ}\text{C}$) na cor e na acidez de farinhas provenientes de dez genótipos de trigo cultivados em Cascavel, no Paraná.

2 Material e métodos

2.1 Material

Neste trabalho foram utilizados dez genótipos de trigo nacional (*Triticum aestivum*, L.) do ensaio da Unidade de Observação, de Cascavel, Paraná, da safra 2004, fornecidos pela Embrapa Soja. Os genótipos selecionados foram: BRS 208, BRS 210, BRS 220, BRS 229, BRS 248, BRS 249, WT 00246, PF 970176, PF 970177, PF 990695.

2.2 Métodos

Moagem experimental

O processo de moagem experimental foi realizado no Laboratório de Qualidade de Grãos, da Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, em Moinho Quadrumat Junior, marca Brabender, segundo método AACCC n° 26-10A (AACCC, 1995), obtendo-se duas frações, farinha e farelo.

Armazenamento das farinhas

As amostras de farinha de trigo obtidas da moagem experimental foram armazenadas em freezer por seis meses à baixa temperatura ($-4\text{ }^{\circ}\text{C}$) em sacos plásticos, ao abrigo da luz e do calor. Para estudar a estabilidade ao armazenamento, foram analisadas a cor e a acidez das farinhas de trigo. As análises foram realizadas em triplicata e conduzidas logo após a moagem dos grãos de trigo (t_0) e a cada três meses durante seis meses (t_1 e t_2), totalizando três determinações.

Análise de cor

A cor foi determinada no sistema CIEL*a*b* em equipamento Minolta® CR 310 (iluminante C e ângulo 10°), através dos parâmetros: L^* (luminosidade), a^* e b^* (coordenadas de cromaticidade). Neste sistema, L^* indica a luminosidade (0 = preto e 100 = branco) e a^* e b^* indicam as direções que a cor pode assumir ($+a^*$ = vermelho e $-a^*$ = verde; $+b^*$ = amarelo

e $-b^*$ = azul). O equipamento foi previamente calibrado [branco n° 15233011, L^* 93,5, a^* 0,3164 e b^* 0,3325], antes da análise de cor.

Determinação de acidez

A análise de acidez total foi determinada de acordo com o método n° 940.22 da AOAC (1995).

2.3 Análise estatística

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo as diferenças entre as médias comparadas pelo teste de Tukey através do programa STAT – Sistemas para Análises Estatísticas – Versão 2.0 (UNESP, 1995). Foi realizada análise de correlação com as médias dos dados de cor e de acidez obtidos nos diferentes tempos de armazenamento, usando programa *STATISTICA for Windows* (STATSOFT, 1993).

3 Resultados e discussão

A cor da farinha de trigo é influenciada por fatores intimamente ligados a sua qualidade, assim, uma maneira possível para avaliar os fatores que afetam este atributo sensorial é acompanhar a evolução de cor, comparando-a com cada um dos fatores que poderão afetá-la, como os teores de acidez durante o seu armazenamento.

3.1 Efeito do armazenamento a $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ na cor das farinhas

Na Figura 1 estão apresentados os gráficos referentes às alterações ocorridas na luminosidade (L^*) e nas coordenadas de cromaticidade a^* e b^* das amostras de farinha de trigo, em função do tempo de armazenamento.

A partir da Figura 1a, pode-se observar que a farinha do genótipo BRS 248 apresentou, inicialmente, maior valor de L^* (97,50), sendo que este parâmetro manteve-se superior aos demais genótipos durante os meses de armazenamento. Por outro lado, verificou-se que, inicialmente e ao final do armazenamento, a amostra BRS 210 foi a que apresentou menores valores de L^* (94,86 e 96,12, respectivamente).

Em relação às coordenadas de cromaticidade a^* e b^* (Figura 1b e 1c), foi possível verificar que o genótipo BRS 220 apresentou menor valor de a^* ($-1,37$) e maior valor de b^* (7,67) no início do armazenamento, e estes valores permaneceram o menor e o maior ($a^* = -1,82$ e $b^* = 6,97$) ao final do armazenamento, respectivamente. Para o genótipo BRS 210, verificou-se o maior valor de a^* no início (1,18) e no fim (0,90) do armazenamento, porém, para a coordenada de cromaticidade b^* , foram apresentados valores semelhantes aos demais genótipos (exceto para os genótipos BRS 220 e PF 970177, que apresentaram valores distintos) durante os seis meses de armazenamento.

Em geral, considera-se uma farinha branca aquela que possui valor de L^* superior a 93, de a^* próximo à zero (inferior a 0,5 ou negativo) e de b^* inferior a oito. Desta forma, no tempo inicial, as farinhas dos genótipos BRS 248, PF 970176 e BRS 229

foram consideradas mais brancas e mantiveram-se as mais brancas no período de seis meses de armazenamento.

Com o aumento do tempo de armazenamento, foi possível observar uma tendência de aumento nos valores de luminosidade (1a) e de redução nos valores das coordenadas de cromaticidade a^* (1b) e b^* (1c). O comportamento durante o período de armazenamento de seis meses foi muito distinto entre as diferentes amostras, mostrado pelas diferenças significativas para os parâmetros de cor avaliados. Analisando-se ainda o comportamento da luminosidade (L^*), percebeu-se que o efeito de branqueamento da farinha ocorreu em todas as amostras durante os seis meses de armazenamento, ou seja, as farinhas ficaram mais claras.

Visto que a melhora na cor da farinha de trigo resulta da oxidação natural dos pigmentos durante a estocagem, os valores medidos variam não apenas com a extensão do branqueamento, mas também pelo envelhecimento da farinha (RASPER; WALKER, 2000).

Embora as coordenadas a^* e b^* tenham apresentado redução de seus valores durante o armazenamento das farinhas, indicando uma tendência de afastamento do vermelho e do amarelo, verificou-se que as amostras apresentaram valores semelhantes aos previamente encontrados por Farrington,

Warwick e Shearer (1981) e Oliver et al. (1992); isto ocorreu porque os valores de L^* aumentaram.

A modificação da cor creme para branca das farinhas é a principal alteração sensorial que ocorre durante a estocagem (SHUEY, 1976). Esta alteração ocorre, principalmente, pelas reações de oxidação iniciadas pela enzima lipoxigenase. Segundo Trono, Pastore e Fonzo (1998), os carotenoides livres (luteínas) são rapidamente oxidados logo após o processo de moagem, quando há exposição destes substratos para a lipoxigenase que, anteriormente, encontrava-se nas camadas externas do grão. Uma redução dos pigmentos carotenoides livres (luteínas), após pouco tempo de estocagem e durante o tempo de armazenamento prolongado, também foi observada por Farrington, Warwick e Shearer (1981).

Observou-se de modo geral, que a alteração dos valores das coordenadas L^* , a^* e b^* foram relevantes na avaliação da qualidade da cor das amostras. Porém são necessários cuidados durante o armazenamento, com relação a possíveis fatores responsáveis pela alteração da cor da farinha. Para evitar as possíveis alterações da cor, as farinhas poderiam ser armazenadas ao abrigo da luz, calor e umidade e, quando possível, em locais com baixas temperaturas (como, por exemplo, freezer ou refrigerador) e/ou baixa pressão de oxigênio, que reduzem a velocidade das reações oxidativas, resultando em farinhas com maior estabilidade da cor ao longo do armazenamento.

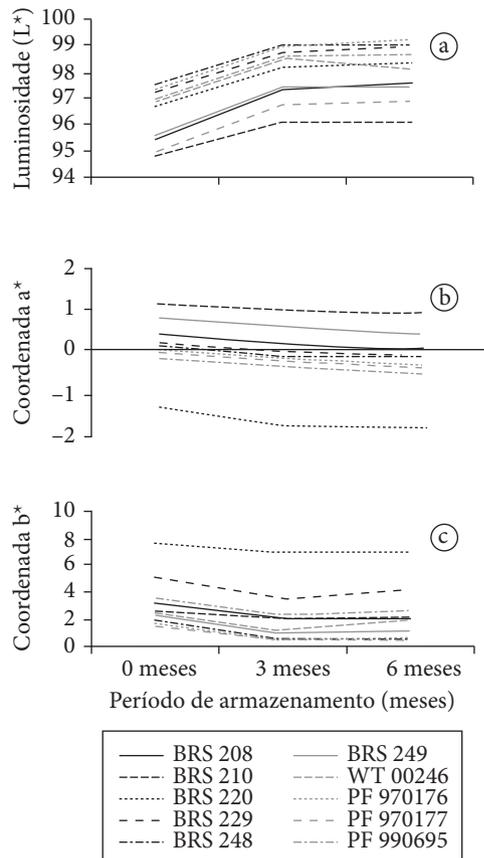


Figura 1. Valores de parâmetros de cor: luminosidade L^* (a) e das coordenadas a^* (b) e b^* (c) das amostras de farinha dos diferentes genótipos, em função do período de armazenamento.

3.2 Efeito do armazenamento na acidez da farinha

A variação da acidez de acordo com o tempo de armazenamento das farinhas é mostrada na Figura 2. A acidez representa o estado de conservação das farinhas, envolvendo tanto aspectos químicos como microbiológicos, pois o crescimento microbiano envolve a produção de ácidos orgânicos e hidrólise de proteínas e carboidratos. A deterioração hidrolítica eleva os teores de ácidos graxos livres na farinha, promovendo o processo de oxidação lipídica (PIXTON; WARBURTON; HILL, 1975; HANSEN; ROSE, 1996). A oxidação de lipídios insaturados inicia uma série complexa de reações com radicais livres, produzindo compostos que têm importante impacto sobre a estabilidade oxidativa e as propriedades sensoriais durante a estocagem e armazenamento.

De maneira geral, pode-se observar que as farinhas obtidas pela moagem dos diferentes genótipos de trigo apresentaram alterações significativas na acidez durante o período de estocagem de seis meses. O teor de acidez de lipídios da farinha de trigo serve como indicador dos processos de rancidez hidrolítica e oxidativa dos lipídios e deve apresentar valores inferiores a 100 mg de KOH.100 g⁻¹ de farinha Tipo 1 e Tipo 2, na base seca (BRASIL, 2005). Portanto, as farinhas de trigo deste trabalho apresentaram resultados para acidez dentro dos valores preconizados pela legislação brasileira para farinhas de trigo Tipo 1 e Tipo 2, após um período de seis meses. Estes resultados demonstram que, mesmo sob armazenamento a baixas temperaturas, as farinhas de trigo sofrem o processo de envelhecimento, que resulta em aumento da acidez com redução do pH, associado à deterioração de lipídios e ao branqueamento da farinha, devido à oxidação de carotenoides.

3.3 Correlação entre parâmetros de cor e teor de acidez

A Tabela 1 mostra a análise de correlação entre os parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) e acidez de lipídios.

Através da análise destes coeficientes, verificou-se que a luminosidade da farinha nos tempos t_1 e t_2 apresentou-se diretamente proporcional à luminosidade inicial (t_0) da farinha ($r = 0,99^*$ e $r = 0,97^*$, respectivamente), assim como L^* no terceiro (t_1) e no sexto (t_2) mês de armazenamento ($r = 0,98^*$), o que está de acordo com Pomeranz (1974), que afirma que as alterações de cor durante o armazenamento são proporcionais à cor inicial da farinha de trigo.

Contudo, não foram observadas correlações significativas entre acidez e cor da farinha, o que pode ter ocorrido pelo armazenamento à baixa temperatura (-4°C). Segundo Silva, Borges e Ferreira (1999), os efeitos das reações químicas e bioquímicas que ocorrem durante o armazenamento podem ser reduzidos se a farinha for estocada sob baixas temperaturas (-4°C).

4 Conclusões

- À medida que o tempo de armazenamento aumentou, do tempo inicial para seis meses, a farinha tornou-se mais branca, como demonstrado pelo aumento da

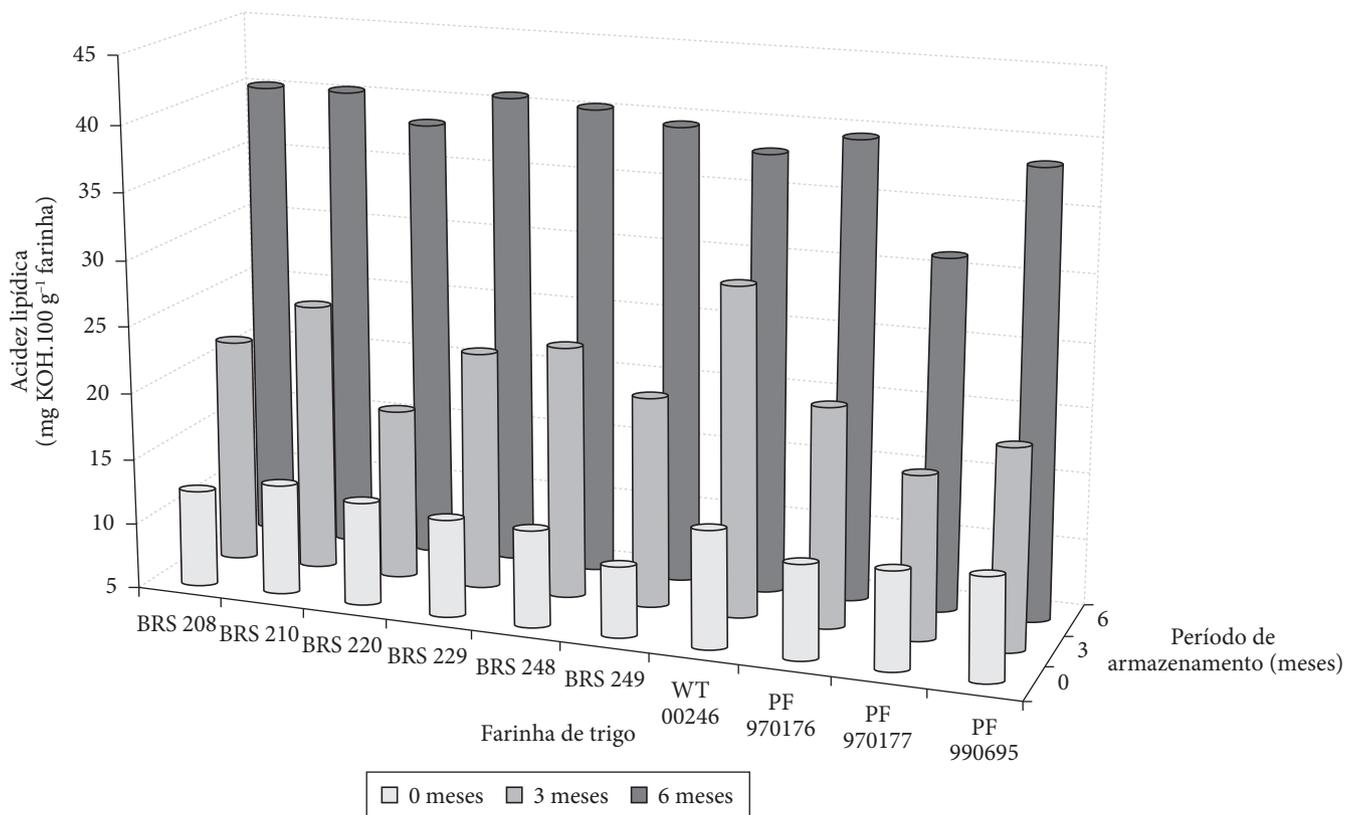


Figura 2. Teor de acidez lipídica das farinhas de trigo armazenadas durante seis meses.

Tabela 1. Coeficientes de correlação entre acidez e cor da farinha dos diferentes genótipos de trigo, durante o armazenamento por seis meses.

Variável	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 – Luminosidade (L^*) – t_0	1,00											
2 – Coordenada de cromaticidade a^* – t_0	-0,48	1,00										
3 – Coordenada de cromaticidade b^* – t_0	-0,23	-0,73*	1,00									
4 – Luminosidade (L^*) – t_1	0,99*	-0,49	-0,23	1,00								
5 – Coordenada de cromaticidade a^* – t_1	-0,46	1,00*	-0,74*	-0,48	1,00							
6 – Coordenada de cromaticidade b^* – t_1	-0,25	-0,70*	0,99*	-0,25	-0,71*	1,00						
7 – Luminosidade (L^*) – t_2	0,97*	-0,47	-0,23	0,98*	-0,47	-0,25	1,00					
8 – Coordenada de cromaticidade a^* – t_2	-0,44	0,99*	-0,75*	-0,46	1,00*	-0,71*	-0,44	1,00				
9 – Coordenada de cromaticidade b^* – t_2	-0,25	-0,72*	0,99*	-0,25	-0,72*	0,99*	-0,27	-0,73*	1,00			
10 – Acidez de lipídios – t_0	0,21	-0,43	0,31	0,15	-0,43	0,36	0,08	-0,41	0,38	1,00		
11 – Acidez de lipídios – t_1	0,20	0,35	-0,53	0,14	0,37	-0,46	0,02	0,37	-0,43	0,34	1,00	
12 – Acidez de lipídios – t_2	0,16	0,32	-0,37	0,09	0,29	-0,27	0,12	0,35	-0,37	0,09	0,41	1,00

*Significativo no intervalo de 95% de confiança ($p \leq 0,05$). Onde: t_0 = tempo inicial; t_1 = 3 meses; e t_2 = 6 meses de armazenamento de freezer a -4°C .

luminosidade das farinhas e pela redução dos valores das coordenadas de cromaticidade a^* e b^* ;

- Durante o armazenamento das farinhas dos diferentes genótipos de trigo, ocorreram mudanças significativas na cor e, embora as alterações já fossem esperadas, foi possível verificar que as farinhas provenientes dos genótipos BRS 229 e BRS 220 foram as que apresentaram melhor estabilidade para os parâmetros de cor durante os seis meses de armazenamento;
- A acidez de lipídios aumentou proporcionalmente ao tempo de armazenamento das farinhas. Em geral, os resultados foram superiores a 30 mg de KOH.100 g⁻¹ de farinha ao final de seis meses de armazenamento, valores estes inferiores a 100 mg de KOH.100 g⁻¹ de farinha, que é o valor máximo permitido para farinhas armazenadas em temperatura ambiente.
- Não houve correlação significativa ($p \leq 0,05$) entre acidez de lipídios e cor da farinha, indicando que as reações oxidativas ocorridas com ácidos graxos presentes na farinha não influenciaram os parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*), provavelmente, porque as amostras foram armazenadas à baixa temperatura (-4 °C).

Agradecimentos

Os autores do trabalho agradecem à CAPES a concessão de bolsa e aos pesquisadores Sérgio Dotto e Dionísio Brunetta da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Soja – Londrina, Paraná, o fornecimento das amostras dos genótipos de trigo.

Referências bibliográficas

- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS - AACC. **Approved Methods of AACC**. 9.ed. St. Paul, 1995. (v. I e II)
- ASSOCIATION OF ANALITICAL CHEMISTRY - AOAC. **Official Methods of Analysis**. 16 ed. Washington, DC, 1995.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 354, de 18 de Julho de 1996. Norma técnica referente a farinha de trigo. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 22 jul. 1996, Seção 1, p. 13557-13558.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa n. 8, de 02 de junho de 2005. Regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 3 jun. 2005, Seção 1, p. 91.
- UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP. STAT: sistemas para análises estatísticas. Versão 2.0. In: BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação Agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 274 p.
- FARRINGTON, F. F.; WARWICK, M. J.; SHEARER, G. Changes in the carotenoids and sterol fractions during the prolonged storage of wheat flour. **Journal of the Science Food and Agriculture**, v. 32, n. 9, p. 948-950, 1981.
- GALLIARD, T.; GALLAGHER, D. M. The effects of wheat bran particle size and storage period on bran flavor and baking quality of bran/flour contents. **Journal of Cereal Science**, v. 8, n. 2, p. 147-154, 1988.
- GRACZA, R. Aging and storage studies in flours and air-classified flour fractions. **Cereal Chemistry**, v. 42, n. 4, p. 333-358, 1965.
- HANSEN, L.; ROSE, M. S. Sensory acceptability is inversely related to development of fat rancidity in bread made from stored flour. **Research and Professional Briefs**, v. 96, n. 8, p. 792-793, 1996.
- HRUŠKOVÁ, M.; MACHOVÁ, D. Changes of wheat flour properties during short term storage. **Czech Journal Food Science**, v. 20, n. 4, p. 125-130, 2002.
- JOHNSON, A. H.; GREEN, J. Wheat and flours studies XVIII: a study of the nature of the acid responsible for the increase in acidity which occurs in flours during storage. **Cereal Chemistry**, v. 8, n. 2, p. 134-145, 1931.
- MIRANDA, M. Z. **Efeito do tempo de germinação do trigo e das variáveis de extrusão na qualidade tecnológica e nutricional de farinha integral**. Campinas, 1998. 216 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.
- MIRANDA, M. Z.; EL-DASH, A. Farinha integral de trigo germinado. Características nutricionais e estabilidade ao armazenamento. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 22, n. 3, p. 216-223, 2002.
- PIXTON, S. W.; WARBURTON, S.; HILL, S. T. Long-term storage of wheat-III: Some changes in the quality of wheat observed during 16 years of storage. **Journal of Stored Products Research**, v. 31, n. 3-4, p. 177-185, 1975.
- POMERANZ, Y. Biochemical, functional and nutritive changes during storage. In: CHRISTENSEN, C. M. (Ed.). **Storage of cereal grains and their products**. 2 ed. Saint Paul: AACC, 1974. p. 56-114.
- POSNER, E. S. Wheat. In: KULP, K.; PONTE, J. G. (Ed.). **Handbook of cereal science and technology**. New York: Marcel Dekker, 2000. p. 1-29.
- PRABHASANKAR, P.; RAO, P. H. Lipids in wheat flour streams. **Journal of Cereal Science**, v. 30, n. 3, p. 315-322, 1999.
- RASPER, V. F.; WALKER, C. E. Quality evaluation of cereals and cereal products. In: KULP, K.; PONTE, J. G. (Ed.). **Handbook of cereal science and technology**. New York: Marcel Dekker, 2000. p. 505-537
- SHUEY, W. C. Influence of wheat cultivars and environment on agtron values and flour ash. **Cereal Chemistry**, v. 53, p. 429-437, 1976
- SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, v. 22, n. 1, p. 94-103, 1999
- Statsoft. **Statistica for Window**. Release 6.0. Tulsa, 1993.
- TRONO, D.; PASTORE, D.; Di FONZO, N. Carotenoid dependent inhibition of durum wheat lipoxygenase. **Journal of Cereal Science**, v. 29, n. 1, p. 99-102, 1998.