

**FUBÁ DE MILHO BRANCO CRU E PRÉ-GELATINIZADO POR EXTRUSÃO,
EM MISTURA COM FARINHA DE TRIGO, PARA A PRODUÇÃO DE
PÃES. I. EFEITO NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA, CARACTERÍSTICAS
VISCO-AMILOGRÁFICAS E REOLOGIA**

Embrapa
FL 06781
AI/SEDE

BOLETIM DE PESQUISA Nº 003

EMBRAPA
MEMÓRIA
AI/SEDE

FUBÁ DE MILHO BRANCO CRU E PRÉ-GELATINIZADO POR EXTRUSÃO, EM MISTURA COM FARINHA DE TRIGO, PARA A PRODUÇÃO DE PÃES. I. EFEITO NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA, CARACTERÍSTICAS VISCO-AMILOGRÁFICAS E REOLOGIA,

MAZZARI, M.R.

ENG^o AGRÔNOMO, MS - CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

COELHO, D.T.

ENG^o AGRÔNOMO, PHD - CIÊNCIA DE ALIMENTOS

PAPE, G.

QUÍMICO INDUSTRIAL, DR. - CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

KIBUUKA, G.K.

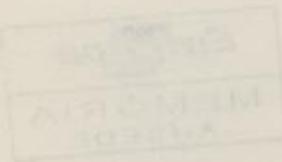
ENG^o AGRÔNOMO, MS - TECNOLOGIA DE ALIMENTOS



EMBRAPA

Rua: Jardim Botânico, 1024 - Rio de Janeiro

ISSN 0101-630X



Editor: COMITÊ DE PUBLICAÇÃO

Endereço: Rua Jardim Botânico, 1024 - Gávea - RJ - 22.460 - Tel: 239-6290

Mazzari, Moacir Roberto

Fubã de milho branco cru e pré-gelatinizado por extrusão,

em mistura com farinha de trigo, para a produção de pães

I. Efeito na composição química, características visco-amilo gráficas e reologia, por Moacir Roberto Mazzari e outros.

Rio de Janeiro, EMBRAPA/CTAA, 1982.

27 páginas (EMBRAPA/CTAA. Boletim de Pesquisa).

Colaboração de: Dilson Teixeira Coelho, Gunther Pape e Godfrey Kalagy Kibuuka.

1. Farinhas mistas. 2. Pão - Produção - Farinhas mistas.

3. Reologia. Colb. I. Coelho, Dilson Teixeira, Colb. II.

Pape, Gunther. Colb. III. Kibuuka, Godfrey Kalagy, colab.

IV. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Tecnologia Agrícola e Alimentar, Rio de Janeiro, RJ. V. Títu-

tulo. Vi. Série

CDD 19ed. 664.725

EMBRAPA

FUBÁ DE MILHO BRANCO CRU E PRÉ-GELATINIZADO POR EXTRUSÃO, EM MISTURA COM FARINHA DE TRIGO, PARA A PRODUÇÃO DE PÃES. I. EFEITO NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA, CARACTERÍSTICAS VISCO-AMILOGRÁFICAS E REOLOGIA.

RESUMO - Realizou-se no Laboratório de Cereais do Centro de Tecnologia Agrícola e Alimentar (CTAA) e no Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa-MG, pesquisa visando ao emprego do fubá de milho branco, cultivar CMS XM604, desenvolvida pelo Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), Sete Lagoas-MG, em substituição à farinha de trigo, na produção de pães. Fubás cru e pré-gelatinizado por extrusão, bem como três farinhas de trigo de misturas diferentes (90:10, 50:50 e nacional) constituíram as matérias-primas deste experimento. As características visco-amilográficas das farinhas de trigo mostraram que o amido da nacional foi o mais resistente, tendo apresentado temperatura inicial de medida de viscosidade, viscosidade máxima no ciclo de aquecimento e resistência à quebra mecânica superiores aos demais. A extrusão reduziu intensamente a viscosidade máxima do fubá. As propriedades reológicas das massas obtidas com as farinhas mistas indicaram que o fubá cru reduziu a absorção de água, enquanto o extrusado provocou o oposto. Esses dois tipos de fubá causaram reduções nos tempos de desenvolvimento máximo e de estabilidade, bem como nos valorímetros das massas. As massas ficaram, também, mais resistentes à extensão com o aumento no tempo de fermentação; seus números proporcionais, porém, no fim da fase de fermentação, mostraram tendência crescente para a farinha de trigo 90:10, decrescente para a nacional e, estacionária para a 50:50.

Termos de indexação: pão, farinha composta, fubá, amilograma, farinograma, extensograma.

CRUDE AND EXTRUDED WHITE CORN MEAL MIXED WITH WHEAT FLOUR IN BREADMAKING. I. EFFECT ON CHEMICAL COMPOSITION, VISCOMYLOGRAPH CHARACTERISTICS AND REOLOGY,

ABSTRACT - Three common brazilian wheat flours types viz: 90:10 (90% canadian flour + 10% brazilian flour), 50:50 (50% canadian flour + 50% brazilian flour) and nacional (only brazilian flour), used for breadmaking were partly substituted by normal and extruded white corn meal, at levels of 10, 20 and 30%. The composite flours were evaluated for visco-elastic properties, farinograph and extensograph characteristics. Wheat flour amilograph characteristics

indicated nacional starch as being the most resistant showing superior initial pasting temperature, peak viscosity and 95°C minimum viscosity on the heating cycle. Extrusion process reduced markedly crude corn meal peak viscosity. Mixed flour doughs reological properties showed decreasing absorption water with crude corn meal and opposite tendency with the extruded one. Also decreasing peak times, stabilities and valorimeter values were noted. Doughs became more resistant to extension with increasing fermentation times but proportional numbers at 135 minutes showed increasing tendency for 90:10 wheat flour, decreasing for the nacional and stationary for the 50:50 wheat flour.

Index terms: wheat flour, corn meal, bread, amylogram, farinogram, extensigram.

1. INTRODUÇÃO

Vários trabalhos têm sido realizados com o objetivo de estudar a viabilidade do uso do milho (fubã e amido) para substituir o trigo na panificação.

SOLLARS e RUBENTHALER (1971) ressaltaram que o amido de milho apresenta viscosidade média no amilógrafo, produzindo bolos e biscoitos de qualidade aceitável, sendo, porém, inadequado para a produção de pães. SANDSTEDT (1961) também não conseguiu obter pães com boas características com o uso de misturas de amido de milho e farinha de trigo. Todavia, os resultados de MILLER E TRIMBO (1965) mostraram que o amido de milho ceroso, rico em amilopectina, até o nível de 30% de substituição, propiciou a produção de bolos de boa qualidade.

De acordo com BALLCHMEITER E VLIESTRA (1963), o fubã pode ser utilizado para substituir a farinha de trigo nas formulações de pães até o nível de 25%, exigindo, porém, a incorporação de 1% de gordura vegetal hidrogenada e de aditivos como ácido ascórbico (50 mg/kg de farinha) ou o bromato de potássio. Noutra pesquisa desses mesmos autores, publicada em 1968, o nível de substituição foi aumentado até 50%, sem prejuízo da qualidade dos produtos obtidos, sendo, todavia, necessária a incorporação de 6 mg/kg da enzima alfa-amilase, além de 3% de fermento biológico.

Em trabalhos que visaram ao desenvolvimento mecânico de massas obtidas com o uso de farinhas mistas, BUSHUK e HULSE (1974) observaram que a substituição da farinha de trigo por 20% de fubã, na presença de 0,5% de EMPEX (condicionador de massa), melhorou a granulação e a cor do miolo, bem como o volume dos pães obtidos. Entretanto, com o aumento dos níveis de substituição da farinha de trigo pelo fubã, até o máximo de 40%, houve decréscimos graduais nos volumes dos pães.

O amido de milho geralmente apresenta temperatura inicial de medida de viscosidade mais elevada, quando comparada à do trigo (GOERING et alii 1964; HOSENEY et alii 1971; RASPER et alii 1974). Consequentemente, recomenda-se o tratamento térmico do fubã (pré-gelatinização) antes de seu emprego na panificação. (BÄR 1969/70; VITTI 1969/70). Esse processamento do fubã produz flocos, que devem sofrer uma moagem, de modo que se obtenha uma granulometria adequada para o fim a que se destina (BÄR 1969/70).

Segundo VITTI (1969/70), o tratamento térmico do fubã resulta na melhoria de suas qualidades físicas, o que causa aumento da absorção de água, auxiliando a manutenção do ar retido e a produção de bolos úmidos e de bom volume. No caso de biscoitos, esse aumento melhora as propriedades da massa obtida.

De acordo com BÄR (1969/70), a receita destinada à produção de pães que contenham fubã pré-gelatinizado deve levar aditivos que melhorem o equilíbrio da produção e retenção do gás carbônico formado durante a fermentação da massa.

São escassas na literatura informações relativas à utilização de farinhas compostas no Brasil. Segundo VAN DER MADE (1970), o Governo permite a incorporação de até 3% de farinha de mandioca na farinha de trigo destinada à panificação, ao nível de padaria. Quanto ao fubã, não se constataram até agora indícios de seu emprego para o mesmo fim, embora os resultados experimentais obtidos neste campo apontam a viabilidade de sua utilização (BÄR 1969/70; VAN DER MADE 1970; VITTI 1969/70). Como os milhos brancos são apresentados beta-caroteno (INGLETT 1970), sua produção em larga escala está sendo investigada em nosso País (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, s.d.; WEIGEL & ZINSLY 1978); pesquisas paralelas, objetivando sua possível aplicação no campo da alimentação humana, principalmente usando o pão como principal veículo, tornam-se, desse modo, muito importantes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material

As matérias-primas utilizadas neste experimento foram três farinhas de trigo de misturas diferentes e dois tipos de fubã de milho branco. As três farinhas de trigo foram denominadas farinha de trigo 90:10 (A), farinha de trigo 50:50 (B) e farinha de trigo nacional (C). A farinha de trigo 90:10 utilizada foi uma mistura, com 78,0% de extração, sendo de 90% de farinha de trigo canadense, tipo "Hard Red Spring", número 2, com 10% de farinha de trigo nacional. A farinha de trigo nacional, por sua vez, foi composta de uma mistura de cultivares nacionais de trigo, provenientes da

cidade de Pelotas-RS, e obtida por meio da passagem dos grãos em moinho Bühler, de laboratório, pertencente ao CTAA. A extração conseguida nesse moinho foi de 78.0%, por causa das repassagens da sêmola, duas a três vezes. A última farinha de trigo empregada, a chamada 50:50, foi obtida com a mistura, em partes iguais, de 50% da farinha de trigo nacional e 50% da farinha de trigo importado.

Os fubãs empregados foram obtidos a partir de uma cultivar de milho branco, CMS XM604, pertencente à raça Tuxpeño, trazida do México e fornecida pelo Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS/EMBRAPA), Sete Lagoas-MG.

Essa cultivar, segundo os resultados preliminares do ano agrícola 76/77 (EMBRAPA s.d), apresentou, nos vários locais em que foi testado, CNPMS (MG), Cachoeira Dourada (MG); Piracicaba (SP), Jaboticabal (SP), Santa Cruz do Sul (RS), Veranópolis (RS), Chapecô (SC) e Londrina (PR), condições a ser cultivado em larga escala, em relação às outras cultivares do experimento, graças a uma série de fatores positivos, dentre os quais se destacaram a alta resistência ao acamamento e boa produtividade.

2.2. MÉTODOS

2.2.1. Preparo do fubã cru (-1-)

Os grãos de milho, após pré-limpeza e ventilação, foram moídos integralmente, sem degerminação, em moinho de martelos de aço e ciclone pneumático marca D'Andréa. Posteriormente, o fubã assim obtido foi passado em moinho de laboratório marca Brabender, modelo Quadrumat-Junior (peneira de seda número 8), a fim de que fosse reduzido o tamanho de suas partículas e, finalmente, peneirado, usando peneira Granutest U.S.B.S. Tyler, número 100.

2.2.2. Preparo de fubã pré-gelatinizado por extrusão (-2-)

De modo idêntico ao preparo do fubã cru, os grãos integrais de milho também foram passados no mesmo moinho de martelos D'Andrea. Em seguida, esse material foi enviado ao extrusor marca Italmecanica, modelo LAB 100, a fim de se promover a pré-gelatinização do amido.

A umidade do fubã foi acertada para 30% antecedentemente ao processo térmico da extrusão; as temperaturas atingidas nos vários estágios do aparelho, mediante injeção de vapor, foram respectivamente, 709, 1009 e 1109°C, sendo de 1259°C a temperatura na trãfila do extrusor, a qual apresentava 10 furos redondos, com 3mm de diâmetro cada um. Durante todo o

processamento térmico, a rosca-sem-fim desenvolveu uma rotação de 900 rpm. Em seguida, o material assim preparado foi diretamente para o túnel de secagem, com circulação forçada de ar quente, a uma temperatura máxima de 80°C. O produto já seco, com umidade de 10%, foi moído no mesmo moinho de martelos, visando-se a desfazer os flocos maiores e, em seguida, foi passado no moinho Brabender e em peneira número 100, o que permitiu sua perfeita homogeneização com as farinhas de trigo.

2.2.3. Preparo das misturas com a farinha de trigo 90:10

À essa farinha adicionou-se o fubã cru, nas percentagens de 10, 20 e 30%, obtendo-se as seguintes formulações:

Farinha de trigo 90:10	Fubã Cru
100	0
90	10
80	20
70	30

Do mesmo modo, foram adicionadas as mesmas percentagens de fubã prê-gelatinizado por extrusão.

As misturas com as farinhas de trigo 50:50 e nacional foram obtidas de modo idêntico ao empregado para a 90:10.

2.2.4. Análises químicas e físicas

O nitrogênio total, cinza, fibra bruta, umidade e extrato etéreo foram determinados segundo métodos da American Association of Cereal Chemists (AACC 1969), números 46 - 13, 08 - 01, 32 - 15, 44 - 15, e 30 - 26, respectivamente. O fator N x 5.7 foi usado no cálculo da proteína do trigo e o fator N x 6.25, do milho.

2.2.5. Colorimetria

De acordo com o método de KENT-JONES & MARTIN (KENT-JONES & AMOS 1967).

2.2.6. Determinação da viscosidade das farinhas e fubãs

As viscosidades das farinhas e dos fubãs foram determinadas com o Amilógrafo de Brabender, que promove registro automático das mudanças de viscosidade que ocorrem numa suspensão de farinha em água.

O esquema de trabalho no amilógrafo foi o seguinte:

- Temperatura inicial do aparelho regulada para 25°C;
- Aumento dessa temperatura, no ciclo de aquecimento, de 1.5°C por minuto, até que fosse atingida a temperatura máxima de 95°C;
- Manutenção dessa temperatura durante 20 minutos;
- Diminuição de 1.5°C por minuto, até que fosse atingida a temperatura de 50°C, no ciclo de resfriamento.

Foram usadas amostras de 70.0 gramas, na base de 14.0% de umidade e 450 ml de água destilada, na preparação das suspensões testadas.

2.2.7. Propriedades farinográficas

De acordo com o método nº 54-21 (AACC 1969), usando-se 300g da farinha na base de 14.0% de umidade.

2.2.8. Propriedades de extensão da massa

Determinada no Extensôgrafo de Brabender, de acordo com o método nº 54-10, da AACC (1969).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Composição das matérias-primas

A composição das matérias-primas encontra-se no Quadro 1, podendo-se observar que as três farinhas de trigo e os dois tipos de fubã utilizados apresentaram nível de umidade inferior a 14.0 g/100g, que corresponde à umidade máxima crítica para as farinhas comerciais. Notou-se também que os fubãs cru e extrusado mostraram teores de umidade inferiores aos encontrados para as três farinhas de trigo. A secagem, após o processo térmico da extrusão alterou o nível de umidade do fubã cru reduzindo-o de 11.93 para 8.03 g/100g.

Para as farinhas de trigo 90:10 e nacional, as quantidades de cinza variaram pouco, mas se enquadraram nos padrões das farinhas comerciais (PEARSON 1975). A farinha de trigo nacional apresentou teor mais elevado de cinza, devido às repassagens no moinho para obtenção de 78% de extração. Os fubãs, por outro lado, apresentaram quantidades bem superiores às das farinhas, devido à utilização dos grãos integrais.

Ainda pelo exame do mesmo quadro observou-se que, quanto à gordura, as farinhas de trigo 90:10, 50:50 e nacional mostraram valores decrescentes, desde o máximo de 1.65 g/100g até o mínimo de 1.32 g/100g. Quanto ao fu

Quadro 1 - Composição das Farinhas de Trigo e dos Fubás Cru e Extrusado

Matérias-primas	Umidade (g/100g)	Cinza (g/100g)	Gordura (g/100g)	Proteína (g/100g)	Fibra Bruta (g/100g)
Farinha de trigo 90:10	13,79	0,56	1,65	11,17	0,19
Farinha de trigo 50:50	13,69	0,60	1,47	11,60	0,21
Farinha de trigo nacional	13,50	0,66	1,32	11,94	0,36
Fubá cru	11,93	1,31	4,86	7,20	2,08
Fubá extrusado	8,03	1,41	3,59	8,37	1,95

bã cru, verificou-se um teor de gordura equivalente a 4,86 g/100g, cerca de 194,5, 230,6 e 268,2% superior, respectivamente, aos teores de gordura encontrados para as farinhas de trigo. Observou-se redução de 26.1% no teor de gordura do fubã extrusado, podendo essa diferença ser atribuída às altas temperaturas e pressões desenvolvidas durante o processo de extrusão, identicamente ao que ocorreu com a umidade.

Quanto à proteína das três farinhas de trigo, a nacional apresentou o maior conteúdo, seguida da 50:50 e, finalmente, da 90:10. Os dois fubãs, por outro lado, apresentaram teores proteicos inferiores aos das farinhas de trigo.

Para fibra bruta, notou-se que os dois tipos de fubã apresentaram teores mais elevados, em relação às três farinhas de trigo.

3.2. Características amilográficas

As características amilográficas das farinhas de trigo e fubãs, encontram-se no Quadro 2.

De acordo com o mesmo, observou-se que a mais alta temperatura inicial de medida de viscosidade coube à farinha de trigo nacional (77.09°C) e, a mais baixa, à 50:50, correspondente a 75.09°C.

Para viscosidade máxima, notou-se que a farinha de trigo nacional mostrou o mais alto valor, equivalente a 1000 Unidades Amilográficas (U.A.), enquanto a 90:10 apresentou 77 U.A. Deste modo, tais valores não se enquadraram nos padrões ideais de viscosidade máxima para a elaboração de pães-de-forma (450-650 U.A.)(EL-DASH 1976). Essas farinhas, se empregadas na produção de pães, normalmente dão como resultado miolos secos e cascas fissuradas, resistindo, ainda, pouco tempo sob armazenamento, características indesejáveis para o consumidor. (PYLER 1973).

Quanto aos fubãs, o cru apresentou 400 U.A., mostrando maior resistência à quebra mecânica. Por outro lado, o processo de extrusão influenciou acentuadamente na viscosidade máxima, reduzindo-a para apenas 30 U.A.; este fato ocorreu por causa da pré-gelatinização do amido que torna os grânulos mais susceptíveis à quebra mecânica (GONZALES 1977).

As características visco-amilográficas das misturas elaboradas com a farinha de trigo 90:10 e os dois tipos de fubãs, encontram-se nos Quadros 3 e 4.

Pela análise do Quadro 3, verificou-se que houve uma tendência decrescente nos parâmetros temperatura de viscosidade máxima e viscosidade máxima, com o aumento dos níveis de substituição da farinha de trigo pelo fu-

Quadro 2 - Características Visco-amilográficas das Matérias-primas

Parâmetros Observados	Matérias-Primas				
	Fubã Cru	Fubã Extrusado	Farinha de Trigo 90:10	Farinha de Trigo 50:50	Farinha de Trigo Nacional
Temperatura inicial de medida de viscosidade (9C)	79,0	58,0	76,0	75,0	77,0
Temperatura de viscosidade máxima (9C)	92,5	83,0	92,0	89,0	89,0
Viscosidade máxima (U.A.)	400	30	770	860	1.000
Viscosidade mínima à temperatura constante de 959C (U.A.)	360	20	425	510	580
Viscosidade máxima, no ciclo de resfriamento, à temperatura de 509C (U.A.)	720	110	785	890	980

Quadro 3 - Efeitos das Adições de Fubã Cru sobre a Farinha de Trigo 90:10, nos Testes Visco-amilográficos

Parâmetros Observados	A m o s t r a s			
	A - 1	A - 1 - 10*	A - 1 - 20*	A - 1 - 30*
Temperatura inicial de medida de viscosidade (9C)	76,0	77,5	80,5	78,3
Temperatura de viscosidade máxima (9C)	92,0	91,0	91,0	88,0
Viscosidade máxima (U.A.)	770	690	670	590
Viscosidade mínima à temperatura constante de 959C (U.A.)	425	430	410	400
Viscosidade máxima, no ciclo de resfriamento, à temperatura de 509C (U.A.)	785	770	770	870

* Percentagens de fubã adicionadas à farinha de trigo.

Quadro 4 - Efeitos das Adições de Fubã Extrusado sobre a Farinha de Trigo 90:10, nos Testes Visco-amilográficos

Parâmetros Observados	A m o s t r a s			
	A - 2	A - 2 - 10*	A - 2 - 20*	A - 2 - 30*
Temperatura inicial de medida de viscosidade (°C)	76,0	76,5	78,0	80,0
Temperatura de viscosidade máxima (°C)	92,0	89,6	88,8	89,8
Viscosidade máxima (U.A.)	770	590	420	275
Viscosidade mínima à temperatura constante de 95°C (U.A.)	425	355	265	195
Viscosidade máxima, no ciclo de resfriamento, à temperatura de 50°C (U.A.)	785	730	555	540

* Percentagens de fubã adicionais à farinha de trigo.

bã não processado por extrusão.

Para o fubã extrusado, a mesma tendência ocorreu para os dois parâmetros acima referidos e, também, para a viscosidade mínima a 95°C e a máxima a 50°C, no ciclo de resfriamento. (Quadro 4).

Os resultados das características visco-amilográficas das misturas obtidas com a farinha de trigo 50:50 e os fubãs cru e extrusado acham-se nos Quadros 5 e 6.

Neste caso, também, as viscosidades máximas decresceram com as adições de fubã, sendo que a tendência foi mais acentuada para o extrusado. Este comportamento amilográfico é atribuído à extrusão do fubã, uma vez que seu amido é severamente injurado pelas altas temperaturas e pressões desenvolvidas durante o processo. (GONZALES 1977).

Os resultados dos parâmetros amilográficos das misturas elaboradas com a farinha de trigo nacional e os fubãs cru e extrusado, estão nos Quadros 7 e 8.

3.3. Propriedades reológicas das massas produzidas com farinha de trigo e fubã

De acordo com PYLER (1973), provas físicas da massa, com o uso do farinôgrafo e extensôgrafo, atuam tanto como meios objetivos de avaliação da qualidade da matéria-prima como de predição da qualidade dos produtos derivados, principalmente a textura, que está diretamente relacionada com o julgamento do consumidor.

3.3.1. Propriedades farinográficas

Dos parâmetros observados num farinograma, a absorção de água, a estabilidade da massa e o ponto de desenvolvimento máximo estão relacionados com a quantidade e a qualidade do glúten na farinha de trigo. O valorímetro, por sua vez, está diretamente ligado à qualidade do pão, sobretudo ao seu volume (LOCKEN et alii 1972).

Segundo JOHNSON (1974) e LOCKEN et alii (1972), a absorção de água é de fundamental importância para a produção do pão. Quanto mais água absorve, até o ponto de consistência ótima (500 U.F.), melhor é a farinha, dos pontos de vista tecnológico e econômico. A farinha de trigo tem características que permitem grande absorção de água. Portanto, sua substituição por outros tipos de farinha pode alterar esse comportamento.

Os Quadros 9 e 10 apresentam os resultados dos parâmetros farinográficos considerados.

Como se observa no Quadro 9, o aumento dos níveis de substituição das

Quadro 5 - Efeitos das Adições de Fubã Cru sobre a Farinha de Trigo 50:50, nos Testes Visco-amilográficos

Parâmetros Observados	A m o s t r a s			
	B - 1	B - 1 - 10*	B - 1 - 20*	B - 1 - 30*
Temperatura inicial de medida de viscosidade ($^{\circ}$ C)	76,0	78,0	77,5	77,5
Temperatura de viscosidade máxima ($^{\circ}$ C)	89,0	92,0	88,0	88,0
Viscosidade máxima (U.A.)	860	790	700	620
Viscosidade mínima à temperatura constante de 95° C (U.A.)	510	500	460	440
Viscosidade máxima, no ciclo de resfriamento, à temperatura de 50° C (U.A.)	890	890	830	850

* Percentagens de fubã adicionados à farinha de trigo.

Quadro 6 - Efeitos das Adições de Fubã Extrusado sobre a Farinha de Trigo 50:50, nos Testes Visco-amilográficos

Parâmetros Observados	A m o s t r a s			
	B - 2	B - 2 - 10*	B - 2 - 20*	B - 2 - 30*
Temperatura inicial de medida de viscosidade (°C)	75,0	77,0	77,0	79,0
Temperatura de viscosidade máxima (°C)	89,0	89,0	88,00	86,5
Viscosidade máxima (U.A.)	860	630	450	270
Viscosidade mínima à temperatura constante de 95°C (U.A.)	510	420	350	250
Viscosidade máxima, no ciclo de resfriamento, à temperatura de 50°C (U.A.)	890	750	630	510

* Percentagens de fubã adicionadas à farinha de trigo.

Quadro 7 - Efeitos das Adições de Fubã Cru sobre a Farinha de Trigo Nacional, nos Testes Visco-amilográficos

Parâmetros Observados	A m o s t r a s			
	C - 1	C - 1 - 10*	C - 1 - 20*	C - 1 - 30*
Temperatura inicial de medida de viscosidade ($^{\circ}$ C)	77,0	79,0	80,5	80,5
Temperatura de viscosidade máxima ($^{\circ}$ C)	89,5	89,0	90,0	89,5
Viscosidade máxima (U.A.)	1.000	980	890	750
Viscosidade mínima à temperatura constante de 95 $^{\circ}$ C (U.A.)	580	660	610	555
Viscosidade máxima, no ciclo de resfriamento, à temperatura de 50 $^{\circ}$ C (U.A.)	980	1.000	1.000	1.000

* Percentagens de fubã adicionadas à farinha de trigo.

Quadro 8 - Efeitos das Adições de Fubã Extrusado sobre a Farinha de Trigo Nacional, nos Testes Visco-amilográficos

Parâmetros Observados	A m o s t r a s			
	C - 2	C - 2 - 10*	C - 2 - 20*	C - 2 - 30*
Temperatura inicial de medida de viscosidade ($^{\circ}\text{C}$)	77,0	79,0	79,0	80,5
Temperatura de viscosidade máxima ($^{\circ}\text{C}$)	89,5	90,0	89,5	89,5
Viscosidade máxima (U.A.)	1.000	740	590	400
Viscosidade mínima à temperatura constante de 95°C (U.A.)	580	520	440	330
Viscosidade máxima, no ciclo de resfriamento, à temperatura de 50°C (U.A.)	980	1.000	830	640

* Percentagens de fubã adicionadas à farinha de trigo.

Quadro 9 - Efeitos das Adições de Fubã Cru sobre as Farinhas de Trigo 90:10, 50:50 e Nacional, nos Testes Farinográficos

Parâmetros Observados	Absorção de água (%)	Tempo de Desenvolvimento máximo (min.)	Estabilidade da Massa (min.)	Valorímetro
Amostras				
A - 1	59,6	5,5	10,5	66
A - 1 - 10*	57,2	4,0	10,0	65
A - 1 - 20*	53,1	3,5	8,5	63
A - 1 - 30*	51,0	2,5	8,0	62
B - 1	58,3	5,0	9,0	78
B - 1 - 10*	62,0	4,0	7,5	74
B - 1 - 20*	61,4	3,5	7,0	72
B - 1 - 30*	60,5	2,0	6,5	70
C - 1	60,7	7,5	14,5	74
C - 1 - 10*	59,6	6,0	13,0	72
C - 1 - 20*	57,6	5,5	12,5	70
C - 1 - 30*	55,2	3,0	10,5	67

A - Farinha de trigo 90:10

B - Farinha de trigo 50:50

C - Farinha de trigo nacional

* - Percentagens de fubã adicionadas à farinha de trigo.

Quadro 10 - Efeitos das Adições de Fubã Extrusado sobre as Farinhas de Trigo 90:10, 50:50 e Nacional, nos Testes Farinográficos

Parâmetros Observados	Absorção de Água (%)	Tempo de Desenvolvimento Máximo (min.)	Estabilidade da Massa (min.)	Valorímetro
Amostras				
A - 2	59,6	5,5	10,5	66
A - 2 - 10*	65,2	4,0	8,5	64
A - 2 - 20*	72,6	3,5	5,0	59
A - 2 - 30*	80,0	2,5	4,0	58
B - 2	58,3	5,0	9,0	78
B - 2 - 10*	67,2	4,5	6,5	70
B - 2 - 20*	76,2	4,5	5,0	66
B - 2 - 30*	88,0	3,5	4,5	65
C - 2	60,7	7,5	14,5	74
C - 2 - 10*	62,5	6,5	8,0	65
C - 2 - 20*	74,7	6,5	6,0	61
C - 2 - 30*	88,2	4,0	5,5	60

A - Farinha de trigo 90:10

B - Farinha de trigo 50:50

C - Farinha de trigo nacional

* - Percentagens de fubã adicionadas à farinha de trigo.

farinhas de trigo 90:10 e nacional pelo fubã cru causou decréscimos nas respectivas absorções de água. No caso da farinha de trigo 90:10, a absorção de água foi de 59.6%; com as substituições por fubã cru, verificaram-se decréscimos sucessivos nas absorções de água, até o nível mínimo de 51.0%, correspondente a 30% de substituição. A farinha de trigo nacional, com uma absorção de água de 60,7%, apresentou valor mínimo de 55.2% para 30% de adição de fubã cru. Por estes resultados pode-se constatar que a farinha de trigo nacional sofreu menos o efeito da diluição pelo fubã cru. No caso da farinha de trigo 50:50, houve aumento da absorção de água para o nível de 10% de adição de fubã cru, permanecendo constante, entretanto, para níveis crescentes de substituição da farinha de trigo pelo fubã. Este fato pode ser atribuído a uma possível interação entre as farinhas de trigo canadense e nacional e o fubã cru, provocando comportamento diferente.

O processamento de extrusão modificou as características do fubã, bem como seu comportamento nas misturas elaboradas com a farinha de trigo. Notou-se, pelo Quadro 10, que níveis crescentes de fubã extrusado adicionados às farinhas de trigo 90:10, 50:50 e nacional provocaram aumentos na absorção de água; esses aumentos foram superiores no caso da farinha de trigo 50:50.

A mistura da massa destinada à produção dos pães tem a finalidade de incorporar a água que é vertida na superfície da farinha, bem como de dispersar todos os ingredientes empregados, dando como resultado uma massa bastante uniforme. Desse modo, haverá, como conseqüência, boa retenção de gás e pães com textura fina e de bom volume (JOHNSON 1974).

O desenvolvimento ótimo de uma determinada massa depende do trabalho mecânico sobre ela realizado para se conseguir boa mistura. Logo, uma massa com tempo de mistura inferior ou superior ao tempo de desenvolvimento ótimo produzirá, como às vezes acontece na prática, pães de qualidade inferior. Como conseqüência, sua estabilidade (tolerância à mistura mecânica) torna-se importante, principalmente para farinhas de trigo substituídas por outros produtos, como, neste caso, o fubã.

O valorímetro, por sua vez, é um método empírico de avaliação da qualidade de uma farinha, sendo o único parâmetro do farinógrafo que se relaciona diretamente com o volume do pão (fator importante para o consumidor), a quantidade e a qualidade da proteína do trigo (LOCKEN et alii 1972).

Pela análise dos Quadros 9 e 10, pode-se verificar que houve um decréscimo, em todas as misturas, do tempo, em minutos, necessário para que a

massa atingisse um desenvolvimento ótimo, podendo isto ser atribuído à diluição do glúten da farinha de trigo.

Porém, os intervalos de tempo foram maiores quando comparados aos referentes ao fubã cru, podendo este fato ser devido à menor solubilidade geralmente apresentada pelas farinhas pré-gelatinizadas; como resultado, desenvolve-se uma camada impermeável à água, o que atrasa o desenvolvimento de uma massa homogênea e de mobilidade mínima.

As três farinhas de trigo em estudo apresentaram valores, para o parâmetro em discussão, superiores a 5.0 minutos, limite mínimo estabelecido para pão-de-forma de boa qualidade. (EL-DASH 1976). Para as misturas com fubã cru e extrusado, mantiveram-se neste padrão os níveis de 10 e 20% , com farinha de trigo nacional.

A estabilidade da massa, por outro lado, é uma indicação da tolerância de uma farinha à ação mecânica durante a mistura. Quanto mais alta for a estabilidade da massa, maior será sua tolerância à mistura excessiva, e , ainda, melhor a qualidade do glúten. O valor mínimo de estabilidade da massa para o sistema convencional de fabricação do pão é de 7.5 minutos. (EL-DASH 1976).

Notou-se, pelos resultados apresentados nos Quadros 9 e 10, que os tempos de estabilidade das farinhas de trigo diminuíram gradativamente de acordo com o aumento do nível de adição do fubã, sendo tais reduções mais intensas no caso do extrusado.

O mesmo ocorreu com relação aos viscosímetros.

3.3.2. Propriedades de extensão da massa

A extensibilidade de uma determinada massa, bem como sua resistência à extensão, podem ser medidas no Extensôgrafo de Brabender (PYLER 1973). Da relação entre os dados de resistência à extensão e a extensibilidade , obtêm-se o número proporcional, que é a força necessária para o estiramento da massa.

Quanto mais alto for o número proporcional, mais curta (menos extensível) será a massa sob teste. Uma avaliação do número proporcional a 45 , 90 e 135 minutos, após a mistura, serve como índice do estiramento da massa durante a fermentação. A não ocorrência de aumento ou a ocorrência de um pequeno aumento servirão como indicação de uma farinha de requerer processamento rápido; se o número for alto, como consequência de alta resistência da farinha à extensão, a massa reagirá não só durante a fermentação e a moldagem, mas também durante o "proofing" (condicionamento ou re-

laxamento)(EL-DASH 1976).

Os valores obtidos para os números proporcionais das farinhas de trigo e das resultantes das substituições por fubã cru e extrusado acham-se no Quadro 11.

Pode-se notar por este quadro que quanto mais alto foi o nível de adição de fubã cru à farinha de trigo 90:10, maior se tornou o número proporcional e mais curta a massa resultante. Também ocorreram elevações nos números proporcionais de cada amostra com o aumento do tempo de fermentação, o que pode ser atribuído aos acréscimos na resistência das massas à extensão.

No caso da farinha de trigo 50:50, a adição de fubã cru provocou ligeiro decréscimo nos valores dos números proporcionais para o tempo de 45 minutos e, mais acentuado, para os tempos de 90 e 135 minutos. Porém, como aconteceu com a farinha de trigo 90:10, as massas de todas as formulações com o fubã cru ficaram mais resistentes à extensão, como mostraramos crescentes valores dos números proporcionais com o aumento do tempo de fermentação. A farinha de trigo nacional seguiu a mesma tendência da 50:50, apesar de menos acentuada.

Para o fubã extrusado notou-se que, nos primeiros 45 minutos de fermentação, quanto maior a proporção deste na farinha de trigo 90:10, menor foi o número proporcional. Tempos de fermentação de 90 e 135 minutos mostraram valores mais elevados, decaindo, porém, com o aumento da fração de fubã.

Para as farinhas de trigo 50:50 e nacional, o comportamento foi o mesmo, com uma única diferença nos valores dos números proporcionais a 90 e 135 minutos, que foram um pouco inferiores aos referentes à farinha de trigo 90:10. Esses resultados podem ser atribuídos ao fato de as massas obtidas com essas farinhas de trigo ficarem mais resistentes à extensão com o decorrer do tempo de fermentação.

4. CONCLUSÕES

Dos resultados deste trabalho, pode-se concluir que:

. As três farinhas de trigo apresentaram teores de cinza que se enquadraram nos padrões estabelecidos para as farinhas comerciais. Embora os fubãs tenham mostrado teores de cinza mais altos que os das farinhas de trigo, puderam ser utilizados até o nível de 30% para a 50:50 e nacional. Porém, normalmente, a

Quadro 11 - Efeitos das Adições de Fubã Cru e Extrusado nos Números Proporcionais das Farinhas de Trigo 90:10, 50:50 e Nacional

Fubã Cru				Fubã Extrusado			
Amostras	Número Proporcional			Amostras	Número Proporcional		
	45 min.	90 min.	135 min.		45 min.	90 min.	135 min.
A - 1	1.92	3.00	3.17	A - 2	1.92	1.92	3.17
A - 1 - 10*	2.14	6.26	6.52	A - 2 - 10*	1.87	5.04	6.29
A - 1 - 20*	2.01	7.03	7.26	A - 2 - 20*	1.26	4.66	5.81
A - 1 - 30*	2.37	5.21	6.98	A - 2 - 30*	1.39	3.59	5.67
B - 1	2.15	5.83	6.60	B - 2	2.15	5.83	6.60
B - 1 - 10*	1.97	4.09	5.12	B - 2 - 10*	1.89	3.19	4.02
B - 1 - 20*	2.03	4.40	5.05	B - 2 - 20*	1.93	2.76	3.65
B - 1 - 30*	2.02	4.70	5.26	B - 2 - 30*	0.96	3.26	5.07
C - 1	1.41	2.73	3.79	C - 2	1.41	2.73	3.79
C - 1 - 10*	1.31	1.88	3.85	C - 2 - 10*	1.26	2.52	3.40
C - 1 - 20*	1.42	3.02	3.10	C - 2 - 20*	1.35	2.82	3.76
C - 1 - 30*	1.43	2.33	3.10	C - 2 - 30*	0.93	2.23	3.11

A - Farinha de trigo 90:10

B - Farinha de trigo 50:50

C - Farinha de trigo nacional

* - Percentagens de fubã adicionadas à farinha de trigo

cor da farinha depende também da presença de farelo; quanto mais escura for, pior será a cor do miolo do pão. Portanto, o uso do fubã, que nesta pesquisa apresentou elevados teores de cor, deve ser controlado. Para a farinha de trigo 90:10, pode-se adicionar até 30% de fubã cru; para as demais, no máximo 10%, tanto de fubã cru como de extrusado.

. Por comparação, os teores de fibra bruta dos fubãs e das misturas foram maiores por causa da presença do tegumento de milho. Do ponto de vista das funções dietéticas das fibras (ANDERSON 1977 ; BURKITT 1977; EASTWOOD et alii 1977) nível maior pode apresentar importante papel terapêutico.

. As características amilográficas das farinhas de trigo mostraram que o amido da nacional foi o mais forte, apresentando temperatura inicial de medida de viscosidade, viscosidade máxima no ciclo de aquecimento e resistência à quebra mecânica superiores aos das demais. Sua alta viscosidade máxima pode ser atribuída à provável ausência ou ao pequeno conteúdo de alfa-amilase ou, ainda, à baixa quantidade de grânulos de amido danificados durante a moagem (EL-DASH 1976 ; KENT - JONES & AMOS 1967; PYLER 1973). O uso de 30% de fubã cru, que mostrou baixa viscosidade máxima ajudou a minimizar tal efeito no caso das farinhas de trigo 90:10 e 50:50; para a nacional, porém, a viscosidade máxima ainda permaneceu além dos limites ideais.

Todavia, para a farinha de trigo 50:50, as substituições não ultrapassaram o nível de 20%.

. Das propriedades reológicas das massas obtidas com farinha de trigo e suas misturas com fubã, pode-se concluir que o fubã cru reduziu a absorção de água, enquanto o extrusado provocou o oposto, o que pode ser atribuído aos grânulos de amido danificados, expostos, porém, à ligação com água. Os dois tipos de fubã causaram reduções nos tempos de desenvolvimento máximo e de estabilidade, bem como nos valorímetros das massas, possivelmente em razão do enfraquecimento do glúten do trigo pela presença de níveis crescentes de fubã. Também as massas ficaram mais resistentes à extensão com o aumento no tempo de fermentação; seus números proporcionais, porém, no fim da fase de fermentação (135 minutos), mostraram tendência crescente para a farinha de trigo 90:10, decrescente para a nacional e estacionária para a 50:50.

5. REFERÊNCIAS

- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS, Saint Paul. Approved methods of AACC, 7.ed. Saint Paul, 1969.
- ANDERSON, P.W. High polysaccharide diet studies in patients with diabetes and vascular disease. Grain Foods World, 22 (1):12-4, 1977.
- BALLCHMEITER, H.M. & VLIESTRA, M. Use of maize flour in wheat bread. Brot Gebäck, 3: 44-52, 1963.
- BÄR, W.H. Processamento da farinha de milho pré-gelatinizada, seu emprego e resultados na panificação. Colet. Inst. Tecnol. Aliment., Campinas, 3: 351-68, 1969/70.
- BURKITT, D. Food fiber. Benefits from surgeons perspective. Cereal Foods World, Saint Paul, 22(1):6-9, 1977.
- BUSHUK, W. & HULSE, J.H. Dough development by sheeting and its application to bread production from composite flours. Cereal Sci. Today, Saint Paul, 19 (9):424-7, 1974.
- EASTWOOD, M.A.; SMITH, A.N.; MITCHELL, W.D. & PRITCHARD, J.L. Physical characteristics of fiber influencing the bowl. Cereal Foods World, Saint Paul, 22 (11):10-11, 1977.
- EL-DASH, A.A. Outlines of lectures: milling and baking chemistry and technology. Campinas, UNICAMP, 1976 s.p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DO MILHO E SORGO, Sete Lagoas, M.G. Ensaio nacional de milho precoce; resultados preliminares do Ano Agrícola 76/77. Sete Lagoas, s.d.
- GEORING, K.J.; FRITTS, D.H. & ALLEN, K.G.D. A comparison of loss of birefringence with the percent gelatinization and viscosity on potato, wheat, rice, corn, cowcockle, and several barley starches. Cereal Chem., Saint Paul 51(6):764-71, 1974.
- GONZALES, S.J.A. Processo hidrotérmico para produção de farinha pré-gelatinizada de milho. Campinas, UNICAMP, 1977.120p. (Tese M.S.).
- HOSENEY, R.C.; FINNEY, K.F.; POMERANZ, Y. & SHOGREN, M.D. Functional (breadmaking) and biochemical properties of wheat flour components. VIII. Starch. Cereal Chem., Saint Paul, 48(2):191-200, 1971.

- INGLETT, G.E. Chemical composition. In: — . Corn: culture, processing, products. Westport, AVI, 1970. cap.7, p.123-37.
- JOHNSON, J.A. Baking Science I - lectures notes. Manhattan, Kansas State University, Department of Grain Science and Technology, 1974. 129p.
- KENT-JONES, D.W. & AMOS, A.J. Modern cereal chemistry. 6 ed. London, Taylor Garnett Evans, 1967. 730p.
- LOCKEN, L.; LOSKA, S. & CHAIRMAN, S.W. The farinograph handbook. Saint Paul, American Association of Cereal Chemists, 1972. 71p.
- MILLER, B.S. & TRIMBO, H.B. Gelatinization of starch and white layer cake quality. Food Technol., Chicago, 19(4):208, 1965.
- PEARSON, D. Flourbaking power and self-raising flour. In: — . Laboratory techniques in food analysis, London, 2 ed. 1975 cap.8. p.13-36.
- PYLER, E.J. Baking science & technology. 2 ed. Chicago, Siebel, 1973. 2V.
- RASPER, V.; RASPER, J. & MABEY, G.L. Functional properties of wheat flours substitutes in composite flours. J. Can. Inst. Food Sci. Tecnol. 7 (2): 86-96, 1974.
- SANDSTEDT, R.M. The function of starch in the baking of bread. Baker's Digest, Chicago, 35 (3):36, 1961.
- SOLLARS, W.F. & RUBENTHALER, G.L. Performance of wheat and other starches in reconstituted flours. Cereal Chem., Saint Paul, 48(4):397-409, 1971.
- VAN DER MADE, C. Bread from composite flours; progress report with reference to Brasil. Roma, FAO, 1970 (Papers contributed by invited speakers and General Committee Representatives of the FAO/Industry Cooperative Programme).
- VITTI, P. Emprego da farinha de milho pré-gelatinizada em bolo e bolacha. Col. Inst. Tecnol. Aliment., Campinas, 3:293-310, 1969/1970.
- WEIGEL, P. & ZINSLY, J.R. Comparação entre milho (Zea mays L.) branco e amarelo de idêntico germoplasma. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 11, Piracicaba, 1978. Piracicaba, ESALQ, 1978. p.101-10.