AVALIAÇÃO QUÍMICA, NUTRICIONAL E TECNOLÓGICA DA FARINHA IN-
TEGRAL DE SORGO (*Sorghum bicolor* L. MOENCH) PARA CONSUMO
HUMANO

MARIA INÉS DELUCCHI ZAPARRART

Nutricionista-Dietista

Orientadora: Profª Drª Jocelim Mastrodi Salgado

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título
de Mestre em Agronomia, Área de
Concentração: Tecnologia de
Alimentos.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Dezembro/1987

Delucchi Zaparrart, Maria Inês

D366a Avaliação química, nutricional e tecnológica
da farinha integral de sorgo (Sorghum bicolor L.
Moench) para consumo humano. Piracicaba, 1987.
89p. ilus.

Diss.(Mestre) - ESALQ

Bibliografia

1. Farinha de sorgo. - Avaliação 2. Farinha de
sorgo - Valor Nutritivo 3. Sorgo - Produto deri-
vado I. Escola Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", Piracicaba.

CDD 664.725

AVALIAÇÃO QUÍMICA, NUTRICIONAL E TECNOLÓGICA DA FARINHA INTEGRAL DE SORGO (*Sorghum bicolor*, L. Moench) PARA CONSUMO HUMANO

Maria Inês Delucchi Zaparrart

Aprovada em 19/05/1988

Comissão Julgadora:

Dr. Policarpo Vitti - ITAL

Prof. Dr. Marília O. de Andrade - ESALQ/USP

Prof. Dr. Jocelim Mastrodi Salgado - ESALQ/USP

Jocelim Mastrodi Salgado

A MEU ESPOSO ALEJANDRO E
MEUS FILHOS PATRICIA ,
LUCIA E ALEJANDRO

DEDICO

A TODO O POVO BRASILEIRO

MINHA HOMENAGEM

AGRADECIMENTOS

- A Profª Jocelyne Mastrodi Salgado pela orientação da dissertação, pela sua amizade e pela oportunidade oferecida para a realização da parte de avaliação química e nutricional do trabalho na Área de Nutrição Humana da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".
- Ao Dr. Policarpo Vitti pelo seu apoio, pela sua amizade e pelas facilidades oferecidas na execução da avaliação tecnológica do trabalho na Secção de Processamento de Farinhas e Panificação do Instituto de Tecnologia de Alimentos.
- A Profª Solange Guidolin Canniati, colega do Curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, pela sua amizade e incentivos permanentes durante a realização do trabalho.
- Ao Sr. Marco Antonio Vilela, encarregado do Setor de Panificação do Instituto de Tecnologia de Alimentos, pela valiosa colaboração.
- As Técnicas de Laboratório, Shirley Higa Teruya e Maria de Lourdes Perin Storer pelo seu auxílio na execução das análises de laboratório.
- Ao Prof. Décio Barbin, pela revisão das análises estatísticas.

A EMBRAPA - Centro Nacional de Milho e Sorgo na pessoa de Dr. Fernando Tavares, pelo fornecimento das sementes de sorgo utilizadas no presente trabalho.

Ao CAPES pelo apoio financeiro.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para que a presente pesquisa fosse realizada.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	iii
LISTA DE TABELAS.....	vi
RESUMO.....	ix
SUMMARY.....	xi
RESUMEM.....	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Generalidades do sorgo.....	4
2.2. Estrutura e composição do grão.....	6
2.3. Valor nutricional.....	12
2.4. Utilização do sorgo.....	14
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
3.1. Matéria-prima.....	18
3.1.1. Obtenção da farinha.....	18
3.1.1.1. Farinha de sorgo.....	18
3.1.1.2. Farinha de feijão.....	19
3.1.2. Obtenção do óleo.....	19
3.1.3. Melhoramento, enriquecimento e complementação.....	20
3.1.4. Análises químicas.....	21
3.1.5. Caracterização dos ácidos graxos.....	22
3.1.6. Ensaio biológico.....	22
3.1.7. Avaliação tecnológica da farinha de sorgo integral	25
3.1.8. Teste de Gluten (AACC, 1969).....	29
3.1.9. Teste de panificação.....	30

	Página
3.1.10. Avaliação sensorial.....	31
3.1.11. Análises estatísticas.....	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.1. Avaliação Química e Nutricional.....	32
4.2. Avaliação Tecnológica.....	49
5. CONCLUSÕES.....	74
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
APÊNDICE.....	87

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Regiões onde se cultiva sorgo no Brasil....	7
Figura 2: Regiões com potencial para produção de sor- go granífero no Brasil.....	7
Figura 3: Esquema de obtenção da farinha de sorgo fermentada.....	20
Figura 4: Comparação do conteúdo de aminoácidos es- senciais da farinha integral e fermentada de sorgo com a proteína padrão FAO/81.....	39
Figura 5: Ganho ponderal dos animais (g/28 dias) e ritmo de crescimento (reta de regressão) dos tratamentos no ensaio biológico ao nível de 10% de proteína.....	45
Figura 6: Absorção de água (%) dos sistemas de fari- nha de trigo, sorgo e água sem e com ingre- dientes (SFA-SFAI).....	55
Figura 7: Variação dos principais parâmetros farino- gráficos da mistura de farinha de trigo e sorgo. I. Tempo de chegada, tempo de desen- volvimento, estabilidade, tempo de saída e tempo de quebra.....	57

Figura 8: Variação dos principais parâmetros farino- gráficos da mistura de farinha de trigo e sorgo. II. 20 minutos de queda e Índice de tolerância.....	58
Figura 9: Efeito da mistura de farinha de trigo e sorgo na viscosidade máxima.....	60
Figura 10: Efeito da mistura da farinha de trigo e sorgo nas características de extensibili- dade da massa.....	61
Figura 11: Efeito da mistura de farinha de trigo e sorgo nas características de resistência da massa.....	62
Figura 12: Efeito da mistura de farinha de trigo e sorgo no número proporcional (R/E).....	63
Figura 13: Variação dos principais parâmetros expan- sográficos da mistura de farinha de trigo e sorgo. Retenção de CO ₂ e estabilidade...	65
Figura 14: Características externas dos pães elabora- dos com 0, 5, 10 e 15% de adição de farinha de sorgo.....	71
Figura 15: Características internas dos pães elabora-	

dos com 0, 5, 10 e 15% de adição de farinha de sorgo.....	71
--	----

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1: Composição em umidade, proteína, gordura, cinzas, fibra e carboidratos da farinha de sorgo integral.....	33
Tabela 2: Comparação do conteúdo de aminoácidos essenciais da farinha de sorgo integral com a proteína padrão FAO/81.....	34
Tabela 3: Composição em minerais da farinha de sorgo integral (%).....	35
Tabela 4: Composição em ácidos graxos do óleo de sorgo em comparação com o óleo de milho.....	37
Tabela 5: Comparação do conteúdo de aminoácidos essenciais da farinha de sorgo fermentada com a proteína padrão FAO/81.....	37
Tabela 6: Composição química dos alimentos utilizados para complementação da farinha de sorgo integral, - soro de leite, farinha de feijão-e da farinha de sorgo fermentada.....	40
Tabela 7: Composição química das dietas experimentais para ensaio biológico ao nível de 10% de proteína.....	41

Tabela 8: Valores médios dos resultados da digestibilidade (D), utilização protéica líquida (NPU), valor biológico (VB), razão de eficiência protéica (PER) e coeficiente de eficiência alimentar (CEA) para as dietas experimentais e controle.....	42
Tabela 9: Ganho de peso semanal dos ratos alimentados com os distintos tratamentos no ensaio biológico.....	47
Tabela 10: Efeito da mistura de farinha de trigo e sorgo nas características farinográficas - absorção de água, tempo de chegada, tempo de desenvolvimento, estabilidade, tempo de saída, 20 minutos de queda, índice de tolerância e tempo de quebra.....	50
Tabela 11: Absorção de água (%) no sistema água-farinha-sal (SFA).....	51
Tabela 12: Efeito da mistura de farinha de trigo e sorgo nas características amilográficas - viscosidade máxima, viscosidade mínima a temperatura constante, viscosidade máximo no ciclo de resfriamento e temperatura de pasta.....	52

Tabela 13: Efeito da mistura de farinha de trigo e sorgo nas características extensigráficas - extensibilidade, resistência a extensão, resistência máxima, área total e número proporcional.....	53
Tabela 14: Efeito da mistura de farinha de trigo e sorgo nas características expansográficas - retenção de CO ₂ e estabilidade.....	54
Tabela 15: Avaliação das características internas e externas dos pães elaborados com farinha de trigo e distintas porcentagens de fari- nha de sorgo integral.....	67
Tabela 16: Avaliação do sabor, odor e cor dos pães elaborados com mistura de farinha de tri- go e sorgo po um painel de doze provadores	72

AVALIAÇÃO QUÍMICA NUTRICIONAL E TECNOLÓGICA DA FARINHA INTEGRAL DE SORGO (*Sorghum bicolor* L. MOENCH) PARA CONSUMO HUMANO

Autora: MARIA INÊS DELUCCHI ZAPARRART

Orientadora: Profª Drª JOCELEM MASTRODI SALGADO

RESUMO

Foram estudadas as características químicas, nutricionais e tecnológicas da farinha de sorgo integral para consumo humano. A composição química foi de 11,5% de proteínas, 2,7% de gordura, 1,3% de fibra, 1,2% de cinzas e 72% de carboidratos. Os minerais presentes em maior proporção foram: enxofre 0,25%, fósforo 0,21%, potássio 0,15%, magnésio 0,07% e cálcio 0,03%. A composição em aminoácidos apresentou como primeiro limitante a lisina ("score" 31,3%) e como segundo aminoácido limitante a treonina ("score" 61,5%). Os ácidos graxos essenciais contidos no óleo foram 36,2% de ácido linoléico, 1,4% de ácido linolênico e traços de ácido araquidônico. O conteúdo de tanino foi de 0,04%.

A farinha de sorgo obtida por fermentação láctica natural apresentou decréscimos na quantidade protéica, no conteúdo de aminoácidos essenciais e no teor de minerais. O ensaio biológico mostrou que a digestibilidade (D) foi de

82,9% para a farinha de sorgo integral, a utilização protéica líquida (NPU) de 39%, o valor biológico (VB) de 46,5%, a razão de eficiência protéica (PER) de 0,76 e o coeficiente de eficácia alimentar (CEA) de 0,069. Quando suplementado com 0,4% do aminoácido lisina houve aumento no PER e no CEA. A complementação com 30% de farinha de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e 10% de soro de leite em pó elevou todos os parâmetros avaliados com exceção da digestibilidade.

As propriedades reológicas das massas feitas com a mistura de farinha de trigo a 0, 5, 10 e 15% de farinha de sorgo integral avaliados no farinógrafo, extensógrafo, amilógrafo e expansógrafo bem como o teste de panificação, mostraram que é viável a fabricação de pão de forma com até 15% de farinha de sorgo integral.

Do presente estudo conclui-se que a farinha de sorgo integral é uma boa fonte de calorias na dieta (359 cal/100 g), sua proteína responde positivamente a complementação com farinha de feijão, soro de leite em pó e lisina sintética. O pão elaborado com 0, 5, 10 e 15% de farinha composta (trigo-sorgo) mostrou bom volume, características externas e internas boas e teve boa aceitabilidade por um painel de degustadores.

CHEMICAL, NUTRITIONAL AND TECHNOLOGICAL EVALUATION OF WHOLE SORGHUM FLOUR (*Sorghum Bicolor* L. MOENCH) FOR HUMAN CONSUMPTION

Author: MARIA INÊS DELUCCHI ZAPARRART

Adviser: Profª Drª JOCELEM MASTRODI SALGADO

SUMMARY

The chemical characteristics nutritive value and technological properties of the whole sorghum flour for consumption were studied. The chemical analyses indicated 11.5% of protein, 2.7% of fat, 1.3% of fiber and 72% of carbohydrate. Major minerals in the flour were sulphur 0.25%, phosphorus 0.21%, potassium 0.15%, magnesium 0.07% and calcium 0.03%. The aminoacid analyses showed lysine as the first limiting amino acid (score 31.3%) and as the second threonine (score 61.5%). The essential fatty acid contents in the oil were linoleic acid 36.2%, linolenic acid 1.4% and trace of arachidonic acid. The tannin content was 0.04%.

The sorghum flour fermented by lactic fermentation had lower quantity of protein essential aminoacid and minerals. The biological assay showed 82.9% of digestibility for whole sorghum flour, 39% of net protein utilization (NPU), 46.5% of biological value (BV) 0.76 of protein efficient

ratio (PER) and 0.069 of coefficient at efficiency alimentary (CEA). PER and CEA were increased when the whole sorghum flour was supplemented with 0.4% the lysine. Complemented the whole sorghum flour with 30% of *Phaseolus vulgaris* flour and 10% of dried milk whey there was an increase in all parameter values with the exception of digestibility.

The rheological tests evaluated with the farinograph, extensograph, amylograph and the expansograph as well as the baking test showed that it is possible to make bread with up to 15% of whole sorghum flour.

It was concluded that whole sorghum flour is a good source of calories in the diet (359 cal/100 g) and the protein responded positively to complementing with *Phaseolus vulgaris* flour, dried milk whey and syntetic lysine. The bread maked with 0, 5, 10 and 15% of composite flour (Wheat-sorghum) showed good volume, good external and internal characteristics and a high percentage of acceptability by a panel of degustation testers.

EVALUACIÓN QUÍMICA, NUTRICIONAL Y TECNOLÓGICA DE LA HARINA INTEGRAL DE SORGO (*Sorghum Bicolor* L. MOENCH) PARA CONSUMO HUMANO

Autora: MARIA INÉS DELUCCHI ZAPARRART

Orientadora: Profª Drª JOCELEM MASTRODI SALGADO

RESUMEN

Fueron estudiadas las características químicas, nutricionales y tecnológicas de la harina de sorgo integral para consumo humano. La composición química fue de 11.5% de proteína, 2.7% de grasa, 1.3% de fibra, 1.2% de cenizas e 72% de carbohidratos. Los minerales presentes en mayor proporción en la harina de sorgo fueron: azufre 0.25%, fósforo 0.21%, potasio 0.15%, magnesio 0.07% y calcio 0.03%. La composición en aminoácidos presentó como primer limitante la lisina (escore 31.3%) y como segundo aminoácido limitante la treonina (escore 61.5%). Los ácidos grasos esenciales contenidos en el aceite fueron 36.2% de ácido linoleico, 1.4% de ácido linolénico e trazas de ácido araquidónico. El contenido de tanino fue de 0.04%.

La harina de sorgo obtenida por fermentación láctica natural presentó una disminución en la cantidad de proteínas, en el contenido de aminoácidos esenciales y en los

minerales. El ensayo biológico mostró que la digestibilidad (D) fue de 82.9% para la harina de sorgo integral, la utilización proteica neta (NPU) 39%, el valor biológico (VB) 46.5%, la tasa de eficiencia proteica (PER) 0.76 y el coeficiente de eficiencia alimentaria (CEA) 0.069. Cuando se suplementó con 0.4% de lisina hubo un aumento del PER y del CEA. La complementación con 30% de harina de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y 10% de suero de leche en polvo elevó todos los parámetros evaluados con excepción de la digestibilidad.

Las propiedades reológicas de las masas hechas con la mezcla de harina de trigo y 0, 5, 10 e 15% de harina de sorgo integral evaluadas en el farinógrafo, extensógrafo, amilógrafo y expansógrafo así como la prueba de panificación mostraron que es viable la fabricación de pan tipo americano con hasta 15% de harina de sorgo integral.

Del estudio presente, es posible concluir, que, la harina de sorgo integral es una buena fuente de calorías en la dieta (359 cal/100 g) y su proteína responde positivamente a la complementación con harina de frijol, suero de leche en polvo y lisina sintética. El pan elaborado con harina compuesta (trigo-sorgo) en distintos porcentajes (0, 5, 10 e 15%) mostró buen volumen, buenas características externas e internas y buena aceptación por un panel de degustadores.

1. INTRODUÇÃO

A introdução do sorgo granífero na alimentação humana no Brasil, apresenta dois problemas fundamentais: em primeiro lugar sua produção é ainda insuficiente provavelmente, entre outros fatores porque o consumo não estimula a produção. Em segundo lugar sua introdução implica em mudanças de hábitos, costumes e tradições de populações que não estão habituadas a presenciar na sua mesa preparações a base de sorgo.

Para se contornar este problema de consumo e consequentemente o problema anterior, uma das melhores maneiras seria adicionar o sorgo em alimentos e em preparações já aceitas e integrantes da dieta habitual como trigo, feijão etc.. O pão por excelência poderia ser o alimento utilizado para esse propósito. É alimento universalmente aceito como componente da dieta, altamente palatável. Durante o período 1973/80 os produtos de panificação apresentaram aumento no consumo aparente de 85,9% a taxa média de 12,3% ao ano. Os estados de menor poder aquisitivo e os que estão aumentando sua integração com os grandes centros foram os maiores responsáveis pelo acelerado cresci-

mento do consumo. Não é de se surpreender que tenha havido uma modificação nos hábitos inclusive com a substituição de alimentos regionais devido as próprias características do pão (TOMASINI, 1982).

A substituição parcial da farinha de trigo pela farinha de sorgo, tem sido objeto de diversos estudos no Brasil. Além de significar uma vantagem econômica pois diminuiria a dependência da importação de trigo, significaria uma boa forma de suplementar com calorias e proteínas as populações menos favorecidas, em regiões onde outras culturas como trigo, milho e arroz não são tão adaptáveis. Não menos importante seria a utilização da farinha de sorgo em misturas vegetais com farinhas de leguminosas e outros alimentos visto o êxito destas misturas em outros países.

Pelo exposto acima e tendo em vista a importância de se encontrar alimentos calórico-protéicos para a alimentação humana, a fim de amenizar a situação de carência que sofre parte do povo brasileiro; as condições climáticas do Nordeste Brasileiro para a produção de sorgo grão inteiro; o incremento na produção do mesmo durante os últimos anos, é que se propôs a desenvolver esta pesquisa tendo por objetivos: avaliar através de análises bromatológicas, química e biológica a farinha de sorgo integral; verificar a viabilidade de melhoramento da qualidade do sorgo por processos fermentativos e por complementação do

padrão de aminoácidos com fontes alimentares e aminoácidos sintéticos; verificar o comportamento reológico da farinha integral na mistura com farinha de trigo para a elaboração de pães e o próprio comportamento tecnológico da farinha de sorgo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Generalidades do Sorgo

O sorgo tem como centro de origem a África e parte da Ásia (MARTINS, 1970; OKE, 1977; KENT, 1983).

Apesar de ser uma cultura muito antiga, somente a partir do século passado é que teve grande desenvolvimento em muitas regiões agrícolas.

É considerado entre as doze culturas alimentícias tropicais mais importantes (SANCHEZ, 1981) e ocupa o 5º lugar na produção mundial de cereais sendo seus principais produtores EUA, Índia, China e México responsáveis no triênio 1982/84 por 76% da produção mundial (VEIGA, 1986).

É uma cultura de clima tropical e sub-tropical que torna possíveis duas culturas anuais e muito versátil em relação as condições de solo e ambiente. Suporta melhor altas temperaturas do que a maioria dos outros cereais; é muito resistente a desidratação. O seu sistema radicular fibroso é extenso, tem um ritmo de transpiração e características foliares dos xerofitas que atrasam a perda de

água da planta. Resiste melhor que o milho a seca assim como também tolera excesso de umidade no solo. Isto é importante visto que um breve período de inundação não provocaria perdas na colheita (KRAMER & ROSS, 1970; ANTUNES, 1979; ARAUJO, 1979).

Como classificação principal o sorgo pode ser: grãoífero, sacaríneo e forrageiro. O sorgo forrageiro é utilizado principalmente para alimentação animal. O sorgo sacaríneo vai para a produção de álcool e o sorgo grãoífero é utilizado para alimentação humana essencialmente em países Asiáticos e Africanos, e para alimentação animal em países como Argentina e México (MARTINS, 1970).

No Brasil a produção não tem sido incentivada, destacando-se como uma cultura em fase de implantação (BORGONOVIC & VIANA, 1985).

No triênio 1982/84 observou-se que apesar da introdução recente, o sorgo grãoífero vem apresentando um bom incremento tanto na produção como na área colhida, as quais aumentaram de 1982 para 1984 de 39% e 38% respectivamente. Neste período o rendimento por hectare manteve-se relativamente estável em torno de 1.800 kg (VEIGA, 1986). Embora este rendimento seja baixo quando comparado com países grandes produtores os quais produzem acima dos 3.000 kg/ha (EUA 3.541 kg/ha, México 3.305 kg/ha e Argentina 3.101 kg/ha

segundo FAO, 1984), se compararmos este rendimento com o do milho e o do trigo no Brasil podemos considera-lo significativo.

Em Minas Gerais no triênio 82/84 verificou-se um aumento tanto na área colhida como na produção correspondente respectivamente a 15,78% e 16,16% (VEIGA, 1986).

Este fato é de grande importância já que na região Nordeste do Brasil encontra-se 1/3 da população mais carente em termos de calorías e proteínas de todo o país. Provavelmente com o surgimento de mais variedades adaptadas as condições climáticas e com o esforço contínuo do serviço de Extensão Rural do Nordeste, o sorgo tenha seu grande futuro aí. Nas Figuras 1 e 2 observa-se onde se cultiva sorgo no Brasil e suas possibilidades de expansão.

2.2. Estrutura e Composição do Grão

O grão de sorgo é composto principalmente de três partes que segundo HUBBARD et alii (1950) correspondem a: pericarpo (7,3 a 9%), endosperma (80,0 a 84,6%) e germe (7,8 a 12%), porcentagens essas relativas do peso seco do grão integral.

A composição centesimal tem sido estudada por vários autores com resultados similares (DEYOE & SCHELLEMBERG, 1965; BRESSANI et alii, 1959; DEOSTHALE et alii, 1970; JONES

Figura 1: Regiões onde se cultiva sorgo no Brasil.

Figura 2: Regiões com potencial para produção de sorgo grãoífero no Brasil.

Fonte: VIANA et alii (1986)

& BECKWITH, 1970; WALL & BLESSIN, 1970).

As proteínas presentes no grão de sorgo são de vários tipos: albuminas (solúveis em água), globulinas (solúveis em soluções salinas), prolaminas (solúveis em éter etílico) e glutelinas (solúveis em álcalis diluídos) variando seu conteúdo com a variedade. As frações maioritárias correspondem as prolaminas e as glutelinas ou seja não extraídas em água ou soluções salinas diluídas. As albuminas e as globulinas embora em pequenas quantidades incluem enzimas e outras substâncias biologicamente ativas. As prolaminas contêm altos teores de ácido glutâmico e aminoácidos não polares (leucina, prolina e alanina) no entanto apresenta teores baixos de metionina, lisina, triptofano arginina, histidina e glicina. As glutelinas que estão predominantes no endosperma possuem mais lisina, histidina, arginina e glicina do que as prolaminas (ROONEY, 1969).

Segundo HAIKERWAL & MATHIESON (1971) o germe do sorgo contém maior proporção de proteínas, seguido logo após pelo grão integral, endosperma e pericarpo ou seja um aumento na proporção do germe eleva a proteína total e a proporção de certos aminoácidos essenciais.

Quanto ao teor proteico em geral, BRESSANI & RIOS (1962) estudando 25 seleções de grãos obtiveram porcentagens entre 7,6 a 12,5%. VIRUPAKSHA & SASTRY (1968) anali-

saram 44 variedades e 5 híbridos nos quais a variação proteica foi de 8,5 até 18,2%. DEOSTHALE et alii (1970) trabalhando com 33 variedades de sorgo encontraram níveis de proteicos variando de 4,7 até 17%. A lisina mostrou-se como o primeiro aminoácido limitante e observando-se que existe uma correlação negativa quando se aumenta o teor proteico (VIRUPAKSHA & SASTRY, 1968). O ácido glutâmico exibe uma correlação positiva, significando que o aumento das prolaminas é proporcional ao teor proteico (ROONEY, 1969).

Os carboidratos compreendem 80-85% do grão de sorgo, incluindo amido, celulose, açúcares e pentosanas (ROONEY, 1973).

O amido é determinado pela obtenção de açúcares redutores após a hidrólise ácida e enzimática do grão de sorgo desengordurado. A temperatura de gelatinização varia de 68 a 76^oC e o tamanho dos grânulos varia de 6 a 24 micras de diâmetro.

Os principais tipos de açúcares presentes no grão são: glicose, frutose, sacarose e traços de rafinose (WATSON & HIRATA, 1955). Em variedades normais variam de 0,9 até 2,0% (WALL & BLESSIN, 1970).

O teor de fibras de acordo com BRESSANI & RIOS (1962) é quase o dobro da encontrada no milho e está por volta de 2,5%. Ela representa o resíduo das paredes das cê-

lulas além de celulose e lignina, e outras substâncias minerais presas nos tecidos celulares.

Os lipídeos presentes no grão de sorgo são importantes por dois motivos: um deles é que vão influenciar o "flavor" e as características de armazenamento dos alimentos de sorgo e outro é que são importantes nutricionalmente (WALL & BLESSIN, 1969). Os ácidos graxos presentes são linoléico (52%), oleico (32%), palmítico (10%), esteárico (4%) e linolênico (1%). Os lipídeos do pericarpo que constituem 0,3% do grão estão formados por uma mistura de alcôois de cadeia longa e ésteres resultantes da combinação de alcôois com ácidos graxos (BASTOS, 1983).

A composição em vitaminas do grão de sorgo e suas frações foi estudada por WALL & BLESSIN (1970) salientando-se que o germe tem 2 a 5 vezes a quantidade de vitaminas do endosperma e do pericarpo.

Segundo FRANCO (1982) os valores médios para as diferentes vitaminas são: niacina 3.200 mg, tiamina 505 mg, riboflavina 120 mg e retinol 3 mg para cada 100 g de grãos.

BRESSANI & RIOS (1962) comprovaram que o conteúdo de minerais principalmente de cálcio e fósforo é mais elevado no sorgo que no milho. ROSTAGNO (1986) verificou que o conteúdo dos diferentes minerais estaria em torno de 0,021% para o Na, 0,26% para o K, 0,11% para o Mg,

33 mg/kg de Fe, 2,4 mg/kg de Cu e 11,1 mg/kg de Zn.

Os compostos fenólicos presentes no grão contribuem para o aroma e cor tanto do sorgo como nas preparações a base do sorgo. O principal composto fenólico no sorgo é o tanino (Leucoanthocianina) segundo trabalho de BATE-SMITH & RASPER (1969).

A maioria dos métodos para sua determinação dependem da diferente solubilidade dos taninos em vários solventes segundo STRUMEYER & MALIN (1975). A quantificação pode ser feita tanto por métodos químicos como enzimáticos (DAVIS & HOSENEY, 1979).

O tanino do sorgo encontra-se no pericarpo e mais especificamente na testa em teores entre 0,05 a 0,67% em variedades normais, e entre 1,3 a 2,0% em variedades com alto teor de tanino.

Diversos métodos são utilizados para medir o nível de tanino de grãos de sorgo (BURNS, 1971; MAXSON & ROONEY, 1972a e b; PRICE & BUTLER, 1977; PRICE et alii, 1978). As vantagens e desvantagens dos métodos são discutidos por EARP et alii (1981). Esses autores consideram o método de BURNS (1971) modificado (vanilina/HCl modificado) como o ideal para a determinação de tanino nos grãos de sorgo.

A quantidade mínima de tanino necessária para

exercer efeito negativo em humanos ainda não foi bem definida sabendo-se no entanto que no caso de alimentação de frangos, ao nível de 0,1% não tem nenhum efeito (CHANG & FULLER, 1964) e ao nível de 5% ocasiona uma mortalidade de 70% (VOHRA et alii, 1966).

2.3. Valor Nutricional

O valor nutritivo do grão de sorgo é semelhante ao encontrado para outros cereais, o que limita seu uso como única fonte de alimento (CLARK, 1978).

NAWAR & CLARK (1970) avaliaram a qualidade proteica de 10 variedades de sorgo e demonstraram que são duas delas possuíam a metade da eficiência da caseína para manter o crescimento e a retenção de nitrogênio em ratos.

HARDEN (1976) observa que a suplementação com lisina ao nível de 0,4% na dieta de ratos com 10% de proteína resulta em um significativo ganho de peso. A adição de treonina a dietas para ratos com 0,4% de lisina e 8,5% de proteína, mostrou ser a treonina o segundo aminoácido limitante antecedido pela lisina. Resultado similar quanto a correlação entre o conteúdo de lisina e o PER (razão de eficiência proteica) foram reportados anteriormente por MAXSON et alii (1973).

A digestibilidade do sorgo está em correlação com o conteúdo de tanino (ARMSTRONG et alii, 1974), sendo que as variedades com baixo teor de tanino apresentam digestibilidade bem mais elevada.

Os estudos com seres humanos são poucos. Danielli et alii citado por HANH (1970) observaram valores de BV (valor biológico) baixos e NPU (utilização proteica líquida) de 49,3 até 66,9 dependendo da complementação com lisina. Neste trabalho os autores utilizaram um grupo de meninas de 11 a 12 anos e grande parte da proteína da dieta foi coberta pelo sorgo.

A literatura indica que a germinação e a fermentação podem ser úteis para melhorar a qualidade protéica dos cereais (HAMAD & FIELDS, 1979; KASANAS & FIELDS, 1981).

A fermentação láctica natural ocorre misturando a farinha do cereal com água destilada a 22-25°C ou 37°C. O pH chega a valores de 3,6-4,1 após dois dias inibindo o crescimento microbiológico para todos os cereais fermentados. O incremento no RNV (valor nutritivo relativo) foi significativamente alto assim como também o PER e o conteúdo de lisina.

Um significativo aumento na qualidade protéica tem se conseguido com 10% de complementação dos cereais com leguminosas (OKE, 1975; OKEJI & FUTRELL, 1983). No caso do

sorgo a mistura ideal foi de 70% de sorgo com 30% de leguminosas, aumentando o PER em 60% (OKE, 1977).

Segundo SANTOS & SALGADO (1981) a suplementação dos cereais (arroz e milho) com soro de leite em pó melhora significativamente a qualidade protéica da mistura.

2.4. Utilização do Sorgo

As possibilidades de utilização do sorgo grãoífero no Brasil podem ser múltiplas. Deixando de lado o grande campo do sorgo na alimentação animal (principalmente nas indústrias de rações) por não ser interesse do presente trabalho, no que se refere a alimentação humana, na literatura mundial são muitas as pesquisas que viabilizam sua utilização.

Em relação a farinha de sorgo, sua obtenção tem sido estudada por vários pesquisadores (JONES & BECKWITH, 1970; MAXSON et alii, 1980; SHOUP et alii, 1970; PERTEN, 1977, EUCLYDES, 1981).

No Brasil, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) tem estudado distintos tipos de descortecedores, separadores e moinho (rolo, martelo e disco) que permitem obter farinha de sorgo descorticada de alta qualidade tecnológica. Estas farinhas apresentam um decréscimo em nutrientes essenciais mais o conteúdo de fibra, tanino e

fitato são reduzidos pela moagem (PEDERSEN & EGGUM, 1983).

Por outro lado, trabalhos desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) levaram a obtenção de farinha de sorgo integral que utilizada em diferentes produtos mostrou excelente aceitabilidade (MIRANDA, 1979; OLIVEIRA, 1984).

A utilização principal destas farinhas seria na forma de farinhas compostas para a elaboração de produtos de panificação e massas alimentícias em geral, visto que, o Brasil como outros países do mundo não possui condições climáticas e solos satisfatórios para conseguir em futuro próximo autosuficiência em trigo. A elaboração de misturas proteico-calóricas a base de sorgo poderiam levar alívio a situação de carência que vive milhares de pessoas no mundo.

O emprego da farinha de sorgo em farinhas compostas substituindo parte da farinha de trigo vermelho duro de inverno (13,6% de proteínas e 0,42% de cinzas base úmida) foi estudada por BUSHUK & HULSE (1974). As porcentagens de substituição foram 10, 20, 30 e 40% com e sem estearoil-2-lactil lactato de sódio (SSL) (Emplex). O volume foi decrescendo com o aumento de sorgo na massa (945, 825, 665 e 510 cm³ respectivamente).

DENDY et alii (1970) anteriormente já haviam citado que o emprego da farinha de sorgo na fabricação de pão

à níveis de 10 e 15% produzia pães de baixo volume..

Em 1976, THIPATHI & DATE, mostraram que o pão com mistura de 5% de farinha de sorgo foi semelhante ao pão feito com 100% de farinha de trigo. A cor da crosta, bem como, a natureza do miolo não foram afetados. Resultados similares foram encontrados por ZHUMABEKOVA & OSTROVSKAYA, 1976; BASTOS, 1983.

RAO & HOUSE citados por BASTOS (1983) relataram que até 25% de substituição da farinha de trigo vermelho duro de inverno com farinha de sorgo origina pães de aceitável qualidade mais acima de 10% ocorrem mudanças no volume, granulação do miolo, cor e textura.

A elaboração de pão de boa qualidade a partir de farinha de sorgo (100 partes) utilizando 24 partes de pentosana como aditivo foi demonstrado por CASIER et alii (1977). Todo o pão apresentava resistência ao endurecimento no período de uma semana e um volume de 1.000/1.100 ml por 250 gr de farinha utilizada. Os mesmos autores comprovaram também que a mistura de farinha de sorgo com farinhas tropicais como mandioca, milho e arroz melhoraram o volume e a estrutura dos produtos elaborados.

No pão fermentado por 18 horas houve aumento no nível de vitaminas B₁₂, ácido pantotênico, lisina, metionina e também o PER (KHALIL et alii, 1984).

A fabricação de massas alimentícias com sorgo grãífero como base, foi estudada por MICHE et alii (1977) comprovando que pode-se obter massas aceitáveis em mistura com trigo durum em proporção de até 1:1. Os biscoitos fabricados com farinha de trigo e sorgo apresentaram-se menores que os feitos com 100% de farinha de trigo e a fragilidade aumentou a medida em que se aumentou a quantidade de sorgo na mistura (BADI & HOSENEY, 1977).

Embora o pão seja em primeira instância uma boa forma de se introduzir o hábito de consumir sorgo em certas regiões do Brasil, não menos importante seria sua utilização em misturas vegetais calórico-protéicas. Experiências realizadas em outros países mostram o êxito destas misturas no combate a desnutrição (BRESSANI et alii, 1959). A boa disponibilidade de fontes de leguminosas como soja e feijão, assim como também o aproveitamento do soro de leite descartado pelas indústrias de queijo para complementar o sorgo permitiriam pensar que experiências nessa área poderiam ser vantajosas.

A utilização do sorgo maltado e a farinha fermentada na fabricação de biscoitos, assim como também a utilização do óleo pelas suas características similares ao óleo de milho, levam a acreditar que não são inúteis os esforços para ampliar a produção e consumo de sorgo no Brasil.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Matéria-prima

Os grãos de sorgo (variedade BR 009) foram obtidos junto a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), no Centro de Milho e Sorgo localizado em Sete Lagoas, Minas Gerais.

Para efeito de melhoramento, enriquecimento e complementação na avaliação nutricional foram utilizados feijão carioca adquirido no comércio local e soro de leite em pó obtido nos laticínios.

Para os testes reológicos e teste de panificação foi utilizada farinha de trigo "Renata" tipo especial adquirida no comércio de Campinas (SP).

3.1.1. Obtenção das farinhas

3.1.1.1. Farinha de sorgo

A farinha de sorgo integral foi obtida de acor-

do com a metodologia sugerida pela EMATER (1985) procedendo-se da seguinte forma: cerca de 1kg de sorgo foi colocado em maceração em 4 litros de água destilada fazendo-se 3 macerações consecutivas. Após esse período a água foi removida e o precipitado levado para secar em estufa de circulação forçada a 55°C por uma noite. Posteriormente o material foi moído em moinho de faca, acondicionado em sacos plásticos e mantido em refrigeração até análise.

3.1.1.2. Farinha de feijão

A farinha de feijão foi obtida deixando-se em maceração os grãos de um dia para outro, na proporção de uma parte de feijão para quatro partes de água. Após isso o material foi cozido em panela de pressão por 20 minutos, seco em estufa a 55°C por uma noite e posteriormente moído no moinho de faca, acondicionado em saco plástico e mantido em refrigeração até análise química e biológica.

3.1.2. Extração do óleo

O óleo foi obtido submetendo-se a farinha de sorgo integral a extração com o solvente hexano por 12 horas em Soxhlet industrial. Após extração o óleo foi mantido

em recipiente
geração.

fechado a temperatura de refri-

3.1.3. Melhoramento, enriquecimento e complementação

Visando o melhoramento do valor nutricional da farinha de sorgo, foi realizada a fermentação láctica natural segundo método de HAMAD & FIELDS (1979) e de acordo com o esquema apresentado na Figura 3. A complementação do padrão de aminoácido foi feita com 0,4% de lisina; e o enriquecimento feito com 30% de farinha de feijão e com 10% de soro de leite em pó.

Figura 3: Esquema de obtenção da farinha de sorgo fermentada

FONTE: HAMAD & FIELDS (1979)

3.1.4. Análises químicas

Foram feitas análises químicas na farinha de sorgo, de feijão, soro de leite em pó, farinha de trigo, caseína, farinha de sorgo fermentada e posteriormente no pão feito com a mistura de farinha de trigo e sorgo de acordo com a metodologia indicada pela AOAC (1975) para proteína, cinza, fibra e lipídeos. Os carboidratos foram obtidos por diferença. Para o cálculo da proteína de trigo foi utilizado o fator 5,7 e para os outros alimentos o fator 6,25.

O perfil de aminoácidos na farinha de sorgo, foi determinado em analisador automático (Beckman Aminoacid Analyser) usando as técnicas descritas para esse tipo de análise.

O triptofano foi determinado pela hidrólise alcalina de HUGLI & MOORE (1972); a cisteína pelo procedimento do ácido cistêmico de MOORE (1963) e a lisina pelo método de KAKADE & LIENER (1969). Comparando os valores obtidos com a proteína padrão da FAO (1981) foi obtido o "Score" de aminoácidos (EAA) conforme a fórmula abaixo:

$$EAA = \frac{\text{mg aminoácido proteína testada}}{\text{mg aminoácido proteína padrão FAO}} \times 100$$

Os minerais foram determinados na farinha de sorgo pelo método de SARRUGE & HAAG (1975).

O teor de tanino foi determinado pelo método de BURNS (1971) com a modificação do PRICE et alii (1978).

3.1.5. Caracterização dos ácidos graxos

Os ácidos graxos foram caracterizados por cromatografia gás-líquido. Os ésteres de metila foram preparados de acordo com o procedimento da AOAC (1975). A análise dos ésteres de metila foram feitas com um cromatógrafo gás-líquido e a identificação e quantificação dos mesmos foi obtida por comparação de tempo de retenção e área de pico dos ácidos graxos desconhecidos com aqueles metil ésteres de ácidos graxos padrões (óleo de milho).

3.1.6. Ensaio biológico

Foram utilizados no presente trabalho (*Rattus norvergicus*) variedade albinus, linhagem Wistar obtidos de cruzamentos sucessivos no biotério do Setor de Nutrição humana, com idade de 21-23 dias com uma variação de peso não mais de 5%.

Cada grupo composto por sete animais constituiu-se em um bloco no total de 6 blocos no qual cada rato recebeu um tratamento diferente como se detalha a seguir:

- Tratamento I : farinha de sorgo integral
- Tratamento II : farinha de sorgo integral +
30% de farinha de feijão
- Tratamento III: farinha de sorgo integral +
10% de soro de leite em pó
- Tratamento IV : farinha de sorgo integral fermentada
- Tratamento V : farinha de sorgo integral +
0,4% de lisina
- Tratamento VI : apteica
- Tratamento VII: caseína

Os animais ficaram em gaiolas individuais e receberam alimentos "ad libitum" sendo o peso e o consumo dos alimentos registrados três vezes por semana durante os 28 dias de duração do experimento. As fezes totais excretadas pelos ratos foram coletadas todos os dias do experimento, secas em estufa a 105°C durante 72 horas, moídas e pesadas. Uma amostra total de cada grupo foi retirada para analisar o teor de nitrogênio. No 28º dia do experimento, após jejum de 12 horas, todos os animais foram sacrificados. As cavidades abdominal, torácica e craniana foram abertas e secas a 105°C até peso constante (aproximadamente 72 horas) a fim de determinar o nitrogênio da carcaça.

O nitrogênio das fezes e das carcaças foram

determinados pela técnica descrita em AOAC (1975).

A formulação de todas as dietas foi feita de acordo com o estabelecido pela AOAC (1975) ou seja, ao nível de 1,6% de nitrogênio, 8% de óleo de milho, 2% de mistura salina, 1% de mistura vitamínica e completada a 100% com amido de milho (maizena).

O ensaio biológico nos permitiu avaliar os seguintes parâmetros:

- Digestibilidade (D) %

$$D\% = \frac{\text{Proteína consumida (24 h)} - \text{Proteína excretada (24 h)} - \text{Proteína excretada grupo aprotéico (24 h)}}{\text{Proteína consumida (24 h)}}$$

- Utilização protéica líquida (NPU)

$$NPU = \frac{[Bf - (Bk + Ik)]}{If} \times 100$$

onde:

Bf = nitrogênio da carcaça do grupo experimental

If = nitrogênio ingerido

Bk = nitrogênio da carcaça do grupo aprotéico

Ik = nitrogênio ingerido pelo grupo aprotéico

(MILLER & BENDER, 1955)

- Valor biológico (VB)

$$VB = \frac{NPU}{D} \times 100$$

- Razão de eficiência protéica (PER)

$$PER = \frac{\text{g peso ganho}}{\text{g proteína ingerida}}$$

(OSBORNE et alii, 1919)

- Coeficiente de eficiência alimentar (CEA)

$$CEA = \frac{\text{ganho de peso (g)}}{\text{consumo de ração (g)}}$$

3.1.7. Avaliação tecnológica da farinha de sorgo integral

Para estudar as propriedades físicas da farinha de sorgo misturada em distintas porcentagens com a farinha de trigo foram utilizados três tipos de aparelhos. Os chamados de torque ou instrumentos medidores de viscosidade que incluem o farinógrafo e o amilógrafo. Os instrumentos que medem a elasticidade e resistência e extensão como o extensógrafo. Os instrumentos que medem a capacidade de retenção de CO₂ durante a fermentação como o expansógrafo.

- Propriedades da mistura no farinógrafo (AACC, 1969). Para estes testes foram utilizados: 50 gr de farinha ao nível de 14% de umidade, e os parâmetros avaliados foram:

a) Absorção de água: definida como sendo a quantidade de água necessária para o centro da curva do farinograma alcançar a linha das 500 UF (unidades farinográficas).

b) Tempo de chegada: o tempo expresso em minutos necessários para que o topo da curva alcance a linha das 500 UF após a adição da água.

c) Tempo de desenvolvimento da massa: o tempo expresso em minutos do início da adição da água até a primeira indicação de queda.

d) Estabilidade: expressa como a diferença de tempo relativo ao ponto onde o topo da curva intercepta a linha das 500 UF e o tempo relativo ao ponto onde o topo da curva deixa a linha das 500 UF.

e) Tempo de saída: igual a soma do tempo de chegada e de estabilidade.

f) 20 minutos de queda (TMD): a mudança no centro da curva do pico ao centro da curva 20 minutos depois da primeira adição de água.

g) Índice de tolerância a mistura (MTI): diferença em UF do topo da curva no pico até o topo da curva medido 5 minutos após o pico ser alcançado.

h) Tempo de quebra: determinado traçando-se uma linha horizontal através do centro da curva no ponto mais alto e depois uma linha paralela 30 unidades inferior. O tempo de quebra é o tempo do início da mistura até o centro da curva cruzar a linha inferior.

- Propriedades de extensão da massa no extensôgrafo (AACC, 1969)

Para estes testes utilizou-se 300 gr de farinha ao nível de 14% de umidade 3,2% de sal, avaliando os seguintes parâmetros:

a) Extensibilidade (E): o comprimento do extensograma em mm desde o início até o fim da curva.

b) Resistência a extensão (R): é o valor em UE (Unidades Extensográficas) obtido no ponto mais alto da curva a 50 mm depois que a curva foi iniciada.

c) Resistência máxima (RM): o valor obtido em UE no ponto mais alto da curva.

d) Energia (A): área total abaixo da curva dada em cm^2 .

e) Número proporcional (R/E): relação existente entre a resistência a extensão e a extensibilidade.

- Determinação da viscosidade da massa no viscoamilógrafo (AACC, 1969)

Foram utilizadas 80 gr de farinha na base de 14% de umidade analisando os seguintes parâmetros:

a) Viscosidade máxima: ou seja, o valor máximo alcançado pela curva amilográfica expresso em UA (Unidades Amilográficas).

b) Viscosidade mínima a temperatura constante (90°C): ou seja, valor menor da viscosidade em unidades amilográficas após ter sido atingida a temperatura de 90°C .

c) Viscosidade máxima no ciclo de resfriamento (50°C): valor da viscosidade em UA a temperatura de 50°C no ciclo de resfriamento.

d) Temperatura de pasta: a temperatura em $^{\circ}\text{C}$ calculada em base ao tempo ($1,5^{\circ}\text{C}/\text{min}$) correspondente ao ponto onde inicia-se a formação da curva do amilograma.

e) Temperatura de viscosidade máxima: temperatura em $^{\circ}\text{C}$ correspondente ao ponto mais alto da curva amilográfica calculada em base ao tempo de funcionamento do aparelho.

f) Faixa de gelatinização: temperatura em $^{\circ}\text{C}$ correspondente a diferença entre a temperatura de viscosidade máxima e a temperatura inicial de gelatinização.

- Propriedades de retenção de CO_2 no expansôgrafo (AACC, 1969)

Para estudo dessas propriedades foram utilizadas 20 gr de amostra e 0,5 gr de fermento biológico. Os parâmetros avaliados foram:

a) Capacidade de retenção de CO_2 : ou seja a medida em mm do início de funcionamento do aparelho até o ponto mais alto alcançado pelo gráfico.

b) Estabilidade: medida em mm do ponto em que o expansograma alcança os 20 mm até o ponto em que deixa os 20 mm.

3.1.8. Teste do Gluten (AACC, 1969)

O teste de gluten foi realizado para se ter uma idéia da força do gluten da farinha de trigo utilizada na fabricação de pão, e como este gluten seria afetado pelas quantidades crescentes de sorgo.

O método requereu uma lavagem suave da massa formada com 5 gr de farinha e 2,75 ml de solução salina di-

luída de modo que logo após a lavagem, obteve-se uma massa borrachenta, contendo aproximadamente 80% do total de proteínas da farinha, e 5-10% dos lipídeos que ficaram retidos durante a formação dessa massa.

3.1.9. Teste de panificação

A qualidade de panificação das misturas de farinha de trigo e sorgo foi determinada elaborando pão de forma de acordo com a seguinte formulação (Formulário nº 1 - Apêndice).

	%	gr
Farinha	100	1000
Sal	2	20
Açúcar	4	40
Fermento	5	50
Gordura	3	30
Aditivo	1	10

* expresso em % sobre o total de farinha

As características físicas avaliadas foram:

a) Volume: foi determinado pelo método de deslocamento de sementes. O volume específico foi calculado pela relação entre volume e peso do pão.

b) Cor da crosta, simetria, textura e características do miolo: foram avaliadas como características externas e internas do pão, através de atribuição de pontos, totalizando o máximo de 40 pontos.

3.1.10. Avaliação sensorial

A valiação sensorial foi feita através do teste de comparação múltipla empregando 12 provadores de ambos os sexos que avaliaram os pães quanto a cor, odor e sabor (Formulário nº 2 - Apêndice) (MACKEY et alii, 1984).

3.1.11. Análises estatísticas

O delineamento estatístico para o ensaio biológico foi um experimento em blocos ao acaso com 7 tratamentos e 6 blocos. Foi efetuada análise de variância para o PER e o CEA, e para comparação de médias utilizou-se o teste de Tuckey ao 5% (PIMENTEL GOMES, 1982).

Para avaliação das mudanças no volume do pão e do teor protéico do mesmo foi feita análise de variância em um experimento inteiramente ao acaso com 4 tratamentos e 6 repetições no caso do volume, e 4 tratamentos e 4 repetições no caso do teor protéico. Para comparação de médias foi utilizado também o teste de Tuckey ao nível de 5%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação Química e Nutricional

O rendimento fornecido pelo processamento dos grãos para a obtenção da farinha de sorgo integral, foi de 95,66%. Durante os três dias que o grão permaneceu de molho ocorreu fermentação do mesmo embora a cor e o aroma não foram afetados.

A farinha fermentada durante 6 dias diminuiu seu pH de 5,9 para 3,8 aos dois dias após iniciada a fermentação, e este pH se manteve constante até o final da fermentação. Resultado similar foi relatado por HAMAD & FIELDS (1979) indicando que este pH seria inibitório para o crescimento microbiano. A cor foi mais clara que para a farinha de sorgo integral e o aroma suave.

As análises químicas realizadas na farinha integral de sorgo são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Composição em umidade, proteína, gordura, cinzas, fibra e carboidratos da farinha de sorgo integral*

Componentes	Porcentagem
Umidade	11,16%
Proteína (N x 6,25)	11,50%
Gordura	2,73%
Cinza	1,20%
Fibra	1,34%
Carboidratos ⁺	72,07%

* Na base seca

+ Calculados por diferença

Trata-se de uma variedade com teor médio de proteína (11,5%) de acordo ao encontrado por outros autores (VIRUPAKSHA & SASTRY, 1968; DEOSTHALE et alii, 1970). O teor de fibra foi de 1,34% o de cinzas 1,20% e o de gordura 2,73% sendo estes valores um pouco mais baixos dos valores médios para o sorgo (INCAP, 1978). Embora o teor de fibras apareça como um problema devido a presença de fitato que se complexa com o cálcio formando complexos insolúveis é interessante salientar que durante a fermentação por leveduras o fitato é destruído (REINHOLD, 1975).

As calorias totais de 100 g de farinha de

sorgo fornecem por volta de 359 calorias.

O perfil de aminoácidos da farinha de sorgo integral, comparado com a proteína padrão de FAO (1981) é mostrado na Tabela 2.

Tabela 2: Comparação do conteúdo de aminoácidos essenciais da farinha de sorgo integral com a proteína padrão FAO/81.

Aminoácidos*	Farinha sorgo integral	FAO	Score
Isoleucina	20,9	30,0	69,7%
Leucina	81,4	65,0	125,2%
Lisina	17,2	55,0	31,3%
Met. + cist.	28,3	30,0	94,3%
F. al + tir.	54,6	50,0	109,2%
Treonina	24,6	40,0	61,5%
Triptofano	38,9	10,0	389,0%
Valina	29,1	40,0	72,8%
Total	295,0	315,0	

* mg aminoácido/g proteína

Comparando os valores obtidos no aminograma com a composição em aminoácidos da proteína padrão da FAO/81, observa-se a lisina como primeiro aminoácido limitante ("score" 31,3%) seguido da treonina como segundo aminoácido limitante ("score 61,5%). Resultados similares foram encon-

trados

por VIRUPAKSHA & SASTRY, 1968.

O "score" baixo indica que a farinha de sorgo não pode ser utilizada como única fonte de proteínas na dieta sem acarretar problemas aos indivíduos pela sua incapacidade em cobrir o requerimento em todos os aminoácidos essenciais.

Os minerais presentes na farinha de sorgo integral são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Composição em minerais da farinha de sorgo integral (%)

Elemento	Farinha sorgo integral
N (%)	1,74
P (%)	0,21
K (%)	0,15
Ca (%)	0,03
Mg (%)	0,07
S (%)	0,25
B (ppm)	3,0
Cu (ppm)	1,2
Fe (ppm)	21,0
Mn (ppm)	1,0
Mo (ppm)	-
Zn (ppm)	14,0

O enxôfre esta em quantidade de 0,25%, o potássio em 0,15%, o fósforo em 0,21% e o cálcio em 0,03%. Se considerarmos que a relação Ca/P da dieta deve ser em torno de 1:1 segundo o sugerido por "Recommended Dietary allowances" no caso da farinha de sorgo estaria em 1:7 pelo qual deve haver uma fonte de Ca na dieta para que o P seja corretamente metabolizado. Conteúdo similar de minerais foi relatado por ROSTAGNO (1986).

O teor de tanino da variedade BR 009 foi de 0,04% medido como mEq de catequina considerada uma variedade com baixo teor de tanino. De acordo com os níveis tóxicos encontrados para animais (CHANG et alii, 1964; VOHRA et alii, 1966) o teor nesta variedade não apresentaria problemas para seu consumo.

A composição em ácidos graxos do óleo de sorgo (Tabela 4) apresenta grande similaridade com o óleo de milho sendo maior o conteúdo de ácido oléico e ácido linolênico. Seu aporte do ponto de vista nutricional é importante no que diz respeito aos ácidos graxos essenciais.

Na farinha fermentada durante seis dias observou-se decréscimo na quantidade da proteína passando de 11,5 para 10,6%. Para se conhecer a importância desta perda foi feito o perfil de aminoácidos da mesma e verificou-se que se manteve a lisina como primeiro aminoácido limitante mais agora com um "score" de 21,6% (Tabela 5).

Tabela 4: Composição em ácidos graxos do óleo de sorgo em comparação com o óleo de milho

Ácido graxo*	Óleo sorgo	Óleo milho
Palmítico	25,2	24,9
Palmitoleico	0,9	0,3
Estearico	1,3	2,4
Oleico	34,9	33,1
Linoleico ⁺	36,2	37,9
Araquidico ⁺	-	0,4
Linolênico ⁺	1,4	0,6

* Expresso em porcentagem

⁺ Ácidos graxos essenciais

Tabela 5: Comparação do conteúdo de aminoácidos essenciais da farinha de sorgo fermentada com a proteína padrão FAO/81.

Aminoácidos*	Farinha sorgo fermentada	FAO	Score
Isolencina	20,4	30,0	68,0%
Leucina	115,7	65,0	178,0%
Lisina	11,9	55,0	21,6%
Met + cist.	44,8	30,0	149,3%
F. al + tir.	56,3	50,0	112,6%
Treonina	20,8	40,0	52,0%

Tabela 5: Comparação do conteúdo de aminoácidos essenciais da farinha de sorgo fermentada com a proteína padrão FAO/81.

Aminoácidos*	Farinha sorgo fermentada	FAO	Score
Triptofano	18,7	10,0	187,0%
Valina	27,1	40,0	67,8%
Total	315,7	315,0	

* mg aminoácidos/gr proteína

O resultado encontrado foi contrário ao esperado, já que com a fermentação deveriam ter melhorado os níveis da proteína e o de lisina (KASANAS & FIELDS, 1981). O experimento foi realizado duas vezes com o mesmo resultado, e esses dados contrário a literatura, provavelmente seja devido ao tempo de fermentação excessivamente longo o qual levou a perdas de nutrientes. Na Figura 4 compara-se o conteúdo em aminoácidos essenciais da farinha de sorgo integral e da farinha de sorgo fermentada, observando-se o decréscimo em aminoácidos que sofreu a farinha fermentada.

Os minerais tiveram também um decréscimo no caso de S, P e Mg (0,17%, 0,16% e 0,04% respectivamente) mantendo-se constante para os outros minerais.

Para efeitos da avaliação nutricional, foi mantido um ensaio biológico onde observou-se o comportamento

Figura 4: Comparação do conteúdo de aminoácidos essenciais da farinha integral e fermentada de sorgo com a proteína padrão FAO/81.

da farinha de sorgo integral, complementada com aminoácidos e com outros alimentos. Este ensaio foi de grande importância já que pode servir de base para a realização de mistu-

ras vegetais proteico calóricas tendo como base sorgo grão-fero.

A tabela 6 mostra a composição química dos alimentos que utilizados no ensaio biológico para complementação do padrão de aminoácidos.

Tabela 6: Composição química dos alimentos utilizados para complementação da farinha de sorgo integral, -soro de leite, farinha de feijão e da farinha de sorgo fermentada*

Alimento	Componente (%)					
	Umidade	Proteína	Gordura	Cinzas	Fibra	Carboidratos
Soro de leite	12,00	34,8	0,56	3,45	0,36	48,83
Farinha feijão	11,25	21,3	1,28	4,02	1,33	60,82
Farinha sorgo fermentada	10,1	10,6	2,36	1,10	1,12	74,74

* Na base seca

+ Calculados por diferença

A composição química dos tratamentos empregados para o ensaio biológico é apresentada na Tabela 7. Os tratamentos foram isoproteicos e isocalóricos.

Tabela 7: Composição química das dietas experimentais para ensaio biológico ao nível de 10%* de proteína

Dietas experimentais	Umidade	Proteína	Gordura	Cinzas	Fibra	Carboi ⁺ drato ⁻
Tratamento I**	6,2	10,0	8,4	4,3	0,17	70,93
Tratamento II**	6,2	10,0	8,6	5,4	0,17	69,63
Tratamento III**	5,9	9,9	8,6	5,6	0,15	69,85
Tratamento IV**	5,7	10,1	8,4	6,2	0,20	69,40
Tratamento V**	6,0	10,1	8,6	5,5	0,20	69,60
Tratamento VI**	6,1	10,0	8,4	-	0,15	75,35
Tratamento VII**	6,0	10,1	8,4	-	0,17	75,33

* Expresso em porcentagem

+ Calculados por diferença

** Tratamento I : farinha sorgo integral

Tratamento II : farinha sorgo integral + 30% farinha feijão

Tratamento III: farinha sorgo integral + 10% soro leite em pó

Tratamento IV : farinha sorgo fermentada

Tratamento V : farinha sorgo integral + 0,4 % lisina

Tratamento VI : aprateica

Tratamento VII: caseína

Analisando-se os parâmetros obtidos (Tabela 8) observa-se que quanto a digestibilidade a farinha de sorgo integral, apresentou a melhor (82,9%) sendo equivalente a 89% do valor da digestibilidade da caseína. Este valor foi superior ao valor das farinhas complementadas e enriqueci-

Tabela 8: Valores médios dos resultados da digestibilidade (D), utilização proteica líquida (NPU), valor biológico (VB), razão de eficiência proteica (PER) e coeficiente de eficiência alimentar (CEA) para as dietas experimentais e controle.

Dietas experimentais **	D(%)	NPU (%)	VB(%)	PER	CEA
Farinha sorgo integral	82,9	38,6	46,5	0,76	0,069
Farinha sorgo integral + 30% farinha feijão	72,0	39,8	55,3	1,65	0,165
Farinha sorgo integral + 10% soro leite	74,4	42,7	57,4	1,24	0,123
Farinha sorgo fermentada	71,9	47,1	65,5	0,46	0,045
Farinha sorgo integral + 0,4% Lisina	80,5	71,0	88,2	2,37	0,300
Caseína	93,1	77,0	82,7	2,84	0,302

* Média de seis repetições.

**Foi feita dieta aprotéica

das. No caso da complementação com a farinha de feijão a digestibilidade foi de 72%. O decréscimo observado corresponde provavelmente a baixa digestibilidade do feijão.

A utilização proteica líquida (NPU) aumentou notoriamente com a adição de 0,4% de lisina demonstrando novamente ser a lisina o primeiro aminoácido limitante. O valor obtido foi de 71% comparado com 77% da caseína.

O valor biológico da farinha de sorgo integral foi realmente baixo (46,5%) sendo o menor de todos os tratamentos efetuados.

O PER apresentou-se significativamente diferente para todos os tratamentos ao nível de 5% pelo teste de Tuckey sendo que a farinha de sorgo integral complementada com 0,4% de lisina obteve o melhor valor não diferindo significativamente do da caseína (padrão).

Tratamentos	Blocos						
	I	II	III	IV	V	VII	total
I	0,70	0,73	0,82	0,69	0,83	0,82	4,59
II	1,62	1,56	1,71	1,61	1,74	1,68	9,92
III	1,35	1,37	1,30	1,05	1,35	1,03	7,45
IV	0,44	0,67	0,37	0,43	0,38	0,44	2,73
V	2,21	2,48	2,53	2,36	2,40	2,21	14,19
VII	3,34	2,72	2,56	3,14	2,63	2,67	17,06
Total	9,66	9,53	9,29	9,28	9,33	8,85	55,94

CV	GL	QM
Tratamento	5	5,10941**
Bloco	5	0,01277
Resíduo	30	0,02717
Total	40	5,14935

$$CV = 13,22\%$$

$$\hat{m}_7 = 2,843$$

$$\hat{m}_5 = 2,365$$

$$\hat{m}_2 = 1,653$$

$$\hat{m}_3 = 1,242$$

$$\hat{m}_1 = 0,765$$

$$\hat{m}_4 = 0,455$$

Na Figura 5 e na Tabela 9 observa-se o ganho de peso por semana dos animais que receberam os diferentes tratamentos.

Para a elaboração da Figura 5 foi ajustada uma reta segundo a função $y = a + bx$, onde:

y = peso estimado

a = peso inicial

b = ganho peso semanal

x = semanas de tratamento

Figura 5: Ganho ponderal dos animais (g/28 dias) e ritmo de crescimento (reta de regressão) dos tratamentos no ensaio biológico ao nível de 10% de proteína*.

Tratamento 1

Peso inicial: 45,45

1ª semana : 47,68

2ª semana : 52,35

3ª semana : 55,13

4ª semana : 61,05

Peso = $44,60 + 3,87x$

$r = 0,99$

Tratamento 2

Peso inicial: 43,93

1ª semana : 55,48

2ª semana : 71,48

3ª semana : 88,36

4ª semana : 104,43

Peso = $41,96 + 15,39x$

$r = 0,998$

Tratamento 3

Peso inicial: 43,82

1ª semana : 49,72

2ª semana : 57,62

3ª semana : 66,62

4ª semana : 77,72

Peso = $42,16 + 8,47x$ $r = 0,99$

Tratamento 4

Peso inicial: 43,37

1ª semana : 43,99

2ª semana : 46,04

3ª semana : 47,32

4ª semana : 50,67

Peso = $42,69 + 1,79x$ $r = 0,97$

Tratamento 5

Peso inicial: 43,18

1ª semana : 54,18

2ª semana : 80,23

3ª semana : 104,53

4ª semana : 130,26

Peso = $37,57 + 22,45x$ $r = 0,99$

Tratamento 6

Peso inicial: 46,05

1ª semana : 39,10

2ª semana : 37,55

3ª semana : 33,03

4ª semana : 33,98

Peso = $43,98 - 3,02x$ $r = 0,92$

Tratamento 7

Peso inicial: 44,4

1ª semana : 55,05

2ª semana : 61,48

3ª semana : 95,43

4ª semana : 133,25

Peso = $34,31 + 21,81x$ $r = 0,95$

Tabela 9: Ganho de peso semanal dos ratos alimentados com os distintos tratamentos no ensaio biológico

Tratamento*	Ganho peso semanal (g)
I	3,87
II	15,39
III	8,47
IV	1,79
V	22,45
VI	-3,02
VII	21,81

* Média de 6 repetições.

A farinha de sorgo integral respondeu de forma positiva quanto a complementação com farinha de feijão, com soro de leite em pó, e com lisina observando-se que houve complementação adequada do padrão de aminoácidos.

A farinha fermentada teve um comportamento que só superou a dieta aprroteica reafirmando que durante a fermentação houve perda de nutrientes.

No que diz respeito ao CEA pelo teste de Tuckey ao nível de 5% de probabilidade, houve diferenças significativas entre os tratamentos 5 e 7 com os demais, mais eles não diferiram entre si.

Tratamentos	Blocos						total
	I	II	III	IV	V	VI	
I	0,058	0,073	0,084	0,039	0,081	0,079	0,414
II	0,162	0,156	0,171	0,161	0,176	0,165	0,991
III	0,135	0,137	0,130	0,105	0,128	0,104	0,739
IV	0,044	0,066	0,037	0,043	0,036	0,043	0,269
V	0,556	0,248	0,253	0,236	0,237	0,273	1,800
VII	0,334	0,272	0,256	0,314	0,312	0,323	1,811
Total	1,289	0,952	0,931	0,898	0,970	0,984	6,024

CV	GL	QM
Tratamentos	5	0,074756**
Blocos	5	0,0004916
Resíduo	25	0,003406
Total	35	

$$CV = 14,36\%$$

$$\begin{array}{l} \hat{m}_7 = 0,302 \\ \hat{m}_5 = 0,300 \\ \hat{m}_2 = 0,165 \\ \hat{m}_3 = 0,123 \\ \hat{m}_1 = 0,069 \\ \hat{m}_4 = 0,045 \end{array} \quad \left| \right.$$

* As médias unidas por | não diferem.

Este resultado é coerente com o resultado encontrado para o PER, significando que no maior consumo de ração correspondeu aos melhores tratamentos. No entanto como houve diferenças significativas no consumo de ração nos outros tratamentos, as diferenças encontradas no PER refletem as diferenças devido as qualidades protéicas.

Os valores achados quanto ao valor nutricional da farinha de sorgo em termos gerais coincidem com os encontrados anteriormente por outros autores no sentido de que a complementação com 0,4% de lisina melhora notoriamente o ganho de peso dos animais (HARDEN , 1976) e que existe correlação positiva entre o conteúdo de lisina e o PER (MAXSON et alii, 1973). Além disso a digestibilidade foi alta correspondendo ao baixo teor de tanino presente no grão da mesma forma que foi exposto por ARMSTRONG et alii 1974.

4.2. Avaliação Tecnológica

Os resultados referentes a avaliação tecnológica da farinha de sorgo em mistura com farinha de trigo aparecem dispostos nas Tabelas 10, 11, 12, 13 e 14. A absorção de água diminuiu levemente ao aumentar a quantidade de sorgo na massa sendo que ao nível de 5% passou de 57,1% a 56,4% permanecendo constante no sistema farinha-água (SFA),

Tabela 10: Efeito da mistura de farinha de trigo e sorgo nas características farinográficas - absorção de água, tempo de chegada, tempo de desenvolvimento, estabilidade, tempo de saída, 20 minutos de queda, índice de tolerância e tempo de quebra.

Parâmetro	% farinha de sorgo*			
	0	5	10	15
Absorção de água (%)	57,1	56,4	56,4	56,3
Tempo de chegada (min)	1,0	1,0	1,0	1,0
Tempo de desenvolvimento (min)	1,5	1,5	1,5	2,0
Estabilidade (min)	9,0	7,0	7,0	5,5
Tempo de saída (min)	10,0	8,0	8,0	6,5
20 minutos de queda (TMD)(UF)	30,0	60,0	65,0	82,5
Índice de tolerância (MTI)(UF)	25,0	40,0	50,0	50,0
Tempo de quebra (min)	6,5	6,5	5,5	5,0

* Médias de duas repetições.

No entanto, para o sistema farinha-água-ingredientes (SFAI) a absorção de água foi decrescendo chegando a 54,1% ao nível de 15% de farinha de sorgo (Tabela 11).

Tabela 11: Absorção de água (%) no sistema água-farinha-sal (SFA)

Ingredientes	% absorção água
100% farinha trigo	
+	
2% sal	55,8
95% farinha trigo	
+	
5% farinha sorgo	55,1
+	
2% sal	
90% farinha trigo	
+	
10% farinha sorgo	54,9
+	
2% sal	
85% farinha trigo	
+	
15% farinha sorgo	54,1
+	
2% sal	

Tabela 12: Efeito da mistura de farinha de trigo e sorgo nas características amilográficas - viscosidade máxima, viscosidade mínima a temperatura constante, viscosidade máxima no ciclo de resfriamento e temperatura de pasta.

Parâmetros	% de farinha de sorgo*			
	0	5	10	15
Viscosidade máxima (UA)	540	540	560	720
Viscosidade mínima a temperatura constante (90°C) (UA)	290	300	340	430
Viscosidade máxima no ciclo de resfriamento (50°C) (UA)	900	920	980	+1000
Temperatura de pasta (°C)	60	57	57	57

* Média de duas repetições.

Tabela 13: Efeito da mistura de farinha de trigo e sorgo nas características extensigráficas - Extensibilidade, resistência a extensão, resistência máxima, área total e número proporcional.

	% farinha de sorgo*											
	Tempo											
	0			5			10			15		
	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135
Extensibilidade (E) (mm)	156	142	125	168	146,5	147,5	157,5	159	142,5	150	140	128,5
Resistência a extensão (R) (UE)	660	770	850	530	660	700	460	660	660	542,5	650	700
Resistência máxima (RM) (UE)	860	+1000	+1000	775	880	920	690	980	+1000	740	960	+1000
Área total (A) (cm ²)	196,4	152,1	125,5	140,2	128,6	114,0	131,0	127,1	110,9	117,7	138,0	115,7
Número proporcional (R/E)	4,2	5,4	6,8	3,2	4,5	4,7	2,9	4,0	4,6	3,6	4,6	5,4

* Média de duas repetições.

Tabela 14: Efeito da mistura de farinha de trigo e sorgo nas características expansográficas - retenção de CO₂ e estabilidade

Parâmetro	% de farinha de sorgo*			
	0	5	10	15
Retenção de CO ₂ (mm)	59,0	58,0	52,0	50,0
Estabilidade (mm)	70,0	70,0	73,5	74,0

* Média de duas repetições.

Com a adição de quantidades crescentes de sorgo foi diminuída a quantidade de proteína na massa mas o tamanho das partículas de farinha misturada e a quantidade de amido foram maiores sendo provavelmente esta uma possível causa do decréscimo observado (EL-DASH et alii, 1981).

Comparando os resultados obtidos nos dois sistemas (SFA e SFAI) pode-se observar uma certa inibição da capacidade de absorção da água devida aos ingredientes (Figura 6).

Figura 6: Absorção de água (%) dos sistemas de farinha de trigo, sorgo e água sem e com ingredientes (SFA-SFAI)

O tempo de chegada não apresentou diferenças sendo de 1,0 minuto , indicando que não houve necessidade de energia adicional para a formação da rede proteica.

O tempo de desenvolvimento ótimo da massa foi de 1,5 minutos para os níveis 0, 5 e 10% e de 2,0 minutos para o nível 15%.

A estabilidade sofreu uma queda com o aumento da farinha de sorgo na massa passando de 9,0 minutos a 7,0 minutos nos níveis 5 e 10% e para 5,5 minutos ao nível de 15% indicando então uma queda na resistência a ação das pás da misturadora de farinha e por tanto inferior qualidade tecnológica das proteínas que constituem a massa.

O tempo de saída foi decrescendo da mesma maneira que o tempo de quebra observando-se um enfraquecimento da farinha (Figura 7).

O TMD e o MTI foram aumentando gradativamente com o aumento do teor de farinha de sorgo na massa observando-se um aumento no grau de quebra e fraqueza da massa. No caso do MTI não houve diferenças entre os níveis 10 e 15%.(Figura 8).

Figura 7: Variação dos principais parâmetros farinográficos da mistura de farinha de trigo e sorgo. I. Tempo de chegada, tempo de desenvolvimento, estabilidade, tempo de saída e tempo de quebra.

Figura 8: Variação dos principais parâmetros farinográficos da mistura de farinha de trigo e sorgo. II. 20 minutos de queda e índice de tolerância.

As transformações na estrutura do amido durante o teste no amilografo derivam do fato de sendo o amido insolúvel em água fria, ao ser submetido ao calor vai passando por diferentes fases ou seja, absorção reversível de água com entumescimento mas com pequeno incremento na viscosidade; aumento rápido da viscosidade com perda da forma das diferentes partículas; e finalmente diminuição da viscosidade devido ao aumento da quantidade de amido danifica-

do.

No final do teste pelo abaixamento da temperatura há uma diminuição na energia cinética da amilase e a união entre suas moléculas por pontes de hidrogênio, aumentando assim a resistência a fricção. Como consequência decorre um aumento na viscosidade da pasta.

A viscosidade máxima, a viscosidade mínima, a temperatura constante e a viscosidade máxima do ciclo de resfriamento aumentaram com a adição da farinha de sorgo na massa, sendo que no caso da viscosidade máxima (Figura 9) os valores encontrados encaixam-se na faixa considerada ideal para fabricação de pão com exceção do nível 15% que foi alto. Provavelmente esta viscosidade alta ocasione um miolo mais seco, com tendência a quebrar (EL-DASH et alii, 1981).

A temperatura da pasta diminuiu de 60°C para 57°C ao nível de 5% permanecendo depois constante.

A extensibilidade nos respectivos tempos de descanso (45, 90 e 135 minutos) foi decrescendo nos níveis 0 e 15%. No entanto, para o nível 5% houve primeiro um decréscimo aos 90 minutos e um aumento aos 135 minutos e para o nível 10% houve um aumento aos 90 minutos e depois um decréscimo aos 135 minutos.

Figura 9: Efeito da mistura de farinha de trigo e sorgo na viscosidade máxima.

A resistência a extensão bem como a resistência máxima foram aumentando nos respectivos tempos de descanso.

Isto fez com que o número proporcional (relação entre resistência a extensão e extensibilidade) fosse aumentando com o tempo de descanso.

A área também foi variando a medida que transcorreu o tempo de descanso, sofrendo um decréscimo em todos os casos.

As Figuras 10, 11 e 12, refletem o efeito enfraquecedor da farinha de sorgo nas propriedades extensigráficas.

Figura 10: Efeito da mistura de farinha de trigo e sorgo nas características de extensibilidade da massa.

Figura 11: Efeito da mistura de farinha de trigo e sorgo nas características de resistência da massa.

Figura 12: Efeito da mistura de farinha de trigo e sorgo no número proporcional (R/E).

A capacidade de retenção de CO_2 decresceu com a adição da farinha de sorgo na massa devido provavelmente ao fato desta propriedade depender de um apropriado desenvolvimento do gluten durante a fermentação e a atividade de certas enzimas presentes no fermento, na farinha ou em aditivos.

Isto significa que pode ter sido diminuída a quantidade de proteases que favorecem o condicionamento do gluten por ocasião da fase de fermentação. Este resultado pode não coincidir com o teste de panificação visto que as enzimas são inativadas, durante o assamento do pão e a retenção de CO_2 vai depender mais da qualidade do gluten.

A estabilidade aumentou a medida que aumentava a quantidade de sorgo na massa nos níveis 10 e 15% (73,5 e 74 mm respectivamente) permanecendo constante ao nível de 5% (Figura 13).

Figura 13: Variação dos principais parâmetros expansográficos da mistura de farinha de trigo e sorgo. Retenção de CO₂ e estabilidade.

Antes da realização do teste de panificação foi realizado o teste de gluten que revelou que a farinha de trigo utilizada teve um gluten médio (26,1%) com um Q_0 de 16,6. Este resultado juntamente com os testes anteriores evidenciaram que a adição da farinha de sorgo até certo grau seria aceita sem alterar as características dos pães obtidos.

O teste de panificação foi realizado controlando-se todas as variáveis (tempo ótimo de mistura, absorção de água, tempo de descanso, umidade relativa, temperatura, tempo de fermentação etc.) de forma tal que as diferenças surgidas nos produtos finais foram devida somente a adição da farinha de sorgo.

As características internas e externas avaliadas são apresentadas na Tabela 15.

Os valores de volume, peso e peso específico foram feitos tomando-se seis dos oito pães obtidos por kilo de farinha.

O volume é considerado um dos aspectos mais importantes uma vez que em geral é aceito que a adição de farinha de diferentes tipos ao trigo na elaboração de pão leva a diminuição de volume com porcentagens de adição superiores ao 5%.

Tabela 15: Avaliação das características internas e externas dos pães elaborados com farinha de trigo e distintas porcentagens de farinha de sorgo integral.

Características*	% sorgo nos pães			
	0	5	10	15
Peso (g)	380,1	375,2	378,5	377,1
Volume (cm ³)	2130,0	2346,0	2191,0	2301,0
Volume específico (cm ³ /g)	5,6	6,3	6,0	6,1
Cor externa (ptos)	9,0	9,0	9,0	9,0
Simetria (ptos)	9,0	9,0	9,0	9,0
Textura (ptos)	9,0	9,0	8,9	8,9
Cor do miolo (ptos)	9,0	9,0	8,8	8,8

* Média de seis repetições.

A adição de farinha de sorgo integral não levou a decréscimos de volume em nenhum dos níveis estudados.

Os níveis 5 e 15% não diferiram significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tuckey da mesma forma que os níveis 0 e 10% e os níveis 10 e 15%, sendo que os níveis 5 e 15% apresentaram-se como os melhores quanto ao volume obtido.

Tratamentos	Repetições						Total
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	
0% sorgo	2225	2200	2000	2105	2100	2150	12780
5% sorgo	2430	2460	2470	2240	2300	2180	14080
10% sorgo	2220	2225	2230	2130	2200	2150	13155
15% sorgo	2250	2230	2240	2340	2350	2400	13810
Total	9125	9115	8940	8815	8950	8880	53825

CV	GL	QM
Tratamentos	3	59273,606**
Resíduo	20	7108,959
Total	23	

CV = 3,76%

$$\begin{array}{l} \hat{m}_5 = 2346,66 \\ \hat{m}_{15} = 2301,66 \\ \hat{m}_{10} = 2192,50 \\ \hat{m}_0 = 2130,00 \end{array} \left| \right.$$

| médias que não diferem significativamente pelo teste de Tuckey ao nível de 5%.

Provavelmente este aumento de volume tenha sua explicação pelo fato da farinha de sorgo empregada não ter

sido desengordurada e os lipídeos polares ou não polares (POMERANZ, 1971; ZAWISTOWSKA et alii, 1984) contribuíram então para o aumento de volume. Um outro aspecto que poderia ter influenciado no aumento do volume dos pães foi que o teor protéico do pão determinado pelo método de Kjeldahl foi aumentado com o aumento da farinha de sorgo na massa, sendo este aumento significativo a nível de 5% pelo teste de Tuckey em todos os casos.

Tratamentos	Repetições				
	1ª	2ª	3ª	4ª	Total
0% sorgo	13,04	12,95	13,00	12,98	51,97
5% sorgo	13,56	13,65	13,50	13,60	54,31
10% sorgo	14,00	14,00	14,02	14,04	56,06
15% sorgo	14,35	14,44	14,40	14,38	57,57
Total	219,91				

CV	GL	QM
Tratamentos	3	1,447125**
Resíduo	12	0,001552
Total	15	

$$CV = 0,29\%$$

$$\hat{m}_{15} = 14,39$$

$$\hat{m}_{10} = 14,02$$

$$\hat{m}_5 = 13,58$$

$$\hat{m}_0 = 12,99$$

Na realidade o teor protéico da farinha de trigo (12,9%) foi superior ao da farinha de sorgo integral (11,5%) podendo supor que como o método de determinação nos dá valores de nitrogênio totais, talvez na farinha de sorgo pudessem existir compostos nitrogenados não detectáveis os quais com a ação do fermento e no cozimento de pão foram detectados.

O peso não teve grandes variações. De 1 kg de farinha foram obtidos quatro pães sendo os pesos médios 1.520 gr, 1.500 gr, 1.514 gr e 1.508 gr para os níveis 0, 5, 10 e 15% de adição de farinha de sorgo respectivamente.

O decréscimo observado no peso, juntamente com o aumento no volume mostraram que o volume específico aumentou com a adição de sorgo em todos os casos.

As características externas e internas podem ser visualizadas nas Figuras 14 e 15.

No que diz respeito a avaliação sensorial constatou-se que ao nível de 5% de adição de sorgo, 83,3% dos doze provadores consideraram aceitável a cor e odor dos pães e 66,6% dos mesmos consideraram o sabor aceitável (Tabela 16).

Figura 14: Características externas dos pães elaborados com 0, 5, 10 e 15% de adição de farinha de sorgo.

Figura 15: Características internas dos pães elaborados com 0, 5, 10 e 15% de adição de farinha de sorgo.

Tabela 16: Avaliação do sabor, odor e cor dos pães elaborados com mistura de farinha de trigo e sorgo por um painel de doze provadores.

% sorgo nos pães	Sabor			Odor			Cor		
	A	MA	NA	A	MA	NA	A	MA	NA
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	8	4	0	10	2	0	10	2	0
10	8	1	3	9	1	2	8	2	2
15	6	3	3	11	0	1	7	3	2

A : aceitável

MA: mediamente aceitável

NA: não aceitável

A farinha de sorgo adicionada ao nível de 10% na elaboração de pães foi considerada aceitável quanto a cor, odor e sabor por 71% dos provadores.

A adição da farinha de sorgo a nível de 15% foi considerada por 25% dos provadores como de sabor não aceitável, e 8,3% e 16,6% respectivamente, consideraram o odor e a cor não aceitáveis.

Finalmente, é de salientar que os resultados encontrados concordam em alguns aspectos com outros trabalhos realizados com sorgo e discordam em outros (ZHUMABEKOVA & OSTRUSKAYA, 1976; THIPATHI & DATE, 1976; BASTOS, 1983).

No entanto, não se justifica tais comparações devido ao fato das porcentagens de substituição da farinha de trigo dependerem da qualidade da farinha de trigo empregada (a maior força da farinha de trigo, maior tolerância a níveis crescentes de substituição), da composição própria da farinha alternativa (proteína, gordura, seja integral ou não) e do tipo de aditivo e método de panificação empregados.

5. CONCLUSÕES

- A farinha integral obtida da variedade BR 009 constitui-se em bom material calórico portando aproximadamente 359 cal/100 gr.

- A proteína da mesma responde de forma positiva a complementação com farinha de feijão, soro de leite em pó e o aminoácido lisina.

- A farinha obtida por fermentação láctica natural, do ponto de vista nutricional é inferior a farinha integral sem fermentar.

- Com os ingredientes e nas condições desta pesquisa é aceitável a elaboração de pão de forma com até 15% de substituição de farinha de trigo por farinha de sorgo integral, por apresentar bom volume, características internas e externas similares ao pão elaborado com 100% de farinha de trigo e ter alta porcentagem de aceitabilidade por um painel de provadores.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN ASSOCIATION CEREAL CHEMIST. *Approved Methods of AACC*. 7.ed. St. Paul, AACC, 1969. 2v.
- ANTUNES, F.Z. Exigências climáticas da cultura de sorgo. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 5(56): 6-12, 1979.
- ARAUJO, N.B. Sementes de Sorgo, nota sobre problemas e perspectivas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SORGO, 3., Belo Horizonte, 1979. *Anais*. Belo Horizonte - EMBRAPA-CNPMS, 1979, p.179-86.
- ARMSTRONG, W.D.; ROGLER, J.C.; FEATHERSTON, W.R.. In vitro studies of the protein digestibility of sorghum grain. *Poultry Sci.*, 53: 2224-7, 1974.
- ASSOCIAÇÃO RIO GRANDENSE DE EMPREENDIMENTOS DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. *O Sorgo na Alimentação Humana*. Porto Alegre, Emater, 1985, 24p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURE CHEMISTS. *Official methods of analysis association of official agriculture chemists*. Washington, AOAC, 1975.

- BADI, S.M. & HOSENEY, R.C. Use of pearl millet and sorghum flours in bread and cookies. In: INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR CEREAL CHEMISTRY, 9., Viena, 1977. *Proceedings*. Viena, International Association for Cereal Chemistry, 1976. p. 47-52.
- BASTOS, L.I.B. *Utilização de Farinhas Compostas de Trigo e Sorgo na Fabricação de Pão*. Fortaleza, BNB-ETENE, 1983. 188p. (Estudos econômicos e sociais, 26).
- BATE-SMITH, E.C. & RASPER, V. Tannins of grain sorghum: luteoforol (Leucoluteolin). *Journal of Food Science*, 34: 203-219, 1969.
- BORGONOVIC, R.A. & VIANNA, C.A. O plantio e a utilização do sorgo grãífero. *Raízes*. 34:6, 1985.
- BRESSANI, R.; AGUIRRE, A.; SCRIMSHAW, N.S. All vegetable protein mixtures for human feeding. *Journal Nutrition*, 69: 351-55, 1959.
- BRESSANI, R. & RIOS, B.J. The chemical and essential amino-acid composition of twenty-five selection of grain sorghum. *Cereal chemistry*, 39: 50-8, 1962.
- BURNS, R.C. Methods for estimation of tannin grain sorghum. *Agron. J.*, 63: 511-12, 1971.

- BUSHUK, W. & HULSE, J.H. Dough development by sheeting and its application to bread production from composite flours. *Cereal Sci Today*, 19(9): 424, 1974.
- CASIER, J.P.J.; PHEPE, G. de.; WILLEMS, H.; GOFFINGS, G.; NOPPEN, H. Bread from starchy tropical crops. II. Bread production from pure millet and sorghum flours, usins cereal endosperm - all wall pentosan as a universal baking factor. In: INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR CEREAL CHEMISTRY. 9, Viena, 1977. *Proceedings*. Viena, International Association for cereal chemistry, 1976, p.127-31.
- CHANG, S.I. & FULLER, H.L. Effect of tannin content of grain sorghum on their value for growing chicks. *Poultry Sci.*, 43: 30-6, 1964.
- CLARK, H.E. Cereal based diets to meet protein requeriments to adult man. *Rev. Nutr. Diet.* 32: 47-8, 1978.
- DAVIS, A.B. & HOSENEY, R.C. Grain sorghum condensed tannis; isolation, estimation and selective adsorption by starch. *Cereal Chem.*, 56(4): 310-14, 1979.
- DENDY, A.V.; CLARK, P.A. & JAMES, A.W. The use of blends of wheat and non wheat flours in bread making. *Tropical Sci*, 12(2): 131-8, 1970.
- DEOSTHALE, Y.G.; MOHAN, V.S.; VISWESWARA RAO, K. Varietal differences in protein, lysine and leucine content of grain

- sorghum. *J. Agric. Food Chem.*, 18(4): 644-46.
- DEYOE, C.M. & SHELLENBERG, J.A. Amino acid and proteins in sorghum grain. *J. Agric. Food Chem.*, 13(5): 446-50, 1965.
- EARP, C.F.; AKINGBALA, J.O.; RING, S.H.; ROONGY, L.M. Evaluation of several methods to determine tannis in sorghum with varying kenel characteristics. *Cereal Chem.*, 243-8, 1981.
- EL-DASH, A.A.; CAMARGO, C.; MANCILLA, N. *Fundamentos de Quĩmica e Controle de Qualidade dos Cereais*. Campinas, Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia, 1981. 169p.
- EUCLYDES, M.P. Propriedades tecnológicas e nutricionais de farinhas de sorgo (*sorghum bicolor*) processadas em moinho de milho tradicional. Viçosa, 1981. 54p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. *Production yearbook*. Rome, FAO, 1984. 140p.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. *Aminoacid Scoring Pattern*. Rome, FAO, 1981, p.173.
- FRANCO, G. *Nutrição*; texto básico e tabela de composição quĩmica dos alimentos. Rio de Janeiro, UNI, 1982. 160p.
- HAIKERVAL, M. & MATHIESON, A.R. The protein content and aminoacid composition of sorghum grain. *Cereal chem.*,

- 48(6): 690-5, 1971.
- HAMAD, M.A. & FIELDS, M.L. Evaluation of the protein quality and available lysine of germinated and fermented cereals. *Journal of Food Science*, 44(2): 456-59, 1979.
- HANN, R. Dry milling and products of grain sorghum. In: WALL, J.S. & ROSS, W.M. *Sorghum production and utilization*. Westfat, AVI, 1970. p. 573-601.
- HARDEN, M.L. The nutritional quality of proteins in sorghum. *Journal of Food Science*, 41: 1082-85, 1976.
- HUBBARD, J.E.; HALL, H.H.; EARLE, F.R. Composition of the component parts of the sorghum kernel. *Cereal chem.*, 27(4): 415-20, 1950.
- HUGLI, T.E. & MOORE, S. Determination of the tryptophan content of protein by ion-exchanges chromatography of alkaline hidrolysates. *J. Biol. Chem.*, 247: 2828-34, 1972.
- INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMÁ. Tabla de composición de alimentos para uso en America Latina. México, INCAP/ICNND, 1978. 150p.
- JONES, R.W. & BECKWITH, A.C. Proximate composition and proteins of three grain sorghum hibrids and their dry-mill fractions. *J. Agr. Food Chem.*, 18(1): 33-6, 1970.
- KAKADE, M.L. & LIENER, I.E. A simplified procedure for the

- determination of "available" lysine in protein an protein foods tulfs. *Analyt. Biochem.*, 27: 273-75, 1969.
- KASANAS, E. & FIELDS, M.L. Nutritional improvement of sorghum by fermentation. *Journal of Food Science*, 46: 819-21, 1981.
- KENT, N.L. *Technology of Cereals*. 3.ed. Oxford, Pergamon Press, 1983. p. 202-09.
- KHALIL, J.K.; SAWAYA, W.N.; SAFI, W.S.; AL-MOHANMAD, H.M. Chemical composition and nutritional quality of sorghum flour and bread. *Qual. Plant. Foods Hum. Nutr.*, 34: 141-50, 1984.
- KRAMER, N.W. & ROSS, W.M. Cultivation of grain in the United States. In: WALL, J.S. & ROSS, W.M., *Sorghum Production and Utilization*, Westfat, AVI, 1970. p.167-99.
- MACKEY, A.C.; FLORES, I.; SOSA, M. *Evaluacion Sensorial de los Alimentos*. Venezuela, CIEPE, 1984. 135p.
- MARTINS, J.H. History and classification of sorghum (*Sorghum bicolor*) (L). In: WALL, J.S. & ROSS, W.M., *Sorghum production and utilization*, Westfat, AVI, 1970. p. 1-27.
- MAXSON, E.D. & ROONEY, L.W. Two methods of tannin analysis for sorghum bicolor (L). Moench grain. *Crop Science*, 12: 253-54, 1972 a.

- _____. Evaluation of method for tannin analysis in sorghum grain. *Cereal Chem.*, 49: 719-27, 1972b.
- MAXSON, E.D.; FRYAR, W.B.; ROONEY, L.W.; KRISHNAPRASAD, M.N. Milling properties of sorghum grain with different proportions of corneous to flory endosperm. *Cereal Chem.*, 48: 478-490, 1980.
- MAXSON, E.D.; ROONEY, L.W.; LEWIS, R.W.; CKARK, L.E.; JOHNSON, J.W. The relationship between tannin content, enzyme inhibition rat performance and characteristics of sorghum grain. *Nutrition Reports International*, 8(2): 146-73, 1973.
- MICHE, J.C.; ALARY, R.; JEANJEAN, M.F.; ABECASSIS, J. Potential use of sorghum grain in pasta processing. In: INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR CEREAL CHEMISTRY, 9., Viena, 1977. *Proceedings*. Viena, International Association for Cereal Chemistry, 1976. p. 27-35.
- MILLER, D.S. & BENDER, A.C. The determination of net utilization of protein by shortened method. *Brit. J. Nutr.*, 9: 382-3, 1955.
- MIRANDA, P. *O Sorgo na Cozinha Regional*. Recife, Emater, 1979. 16p.
- MOORE, S. On the determination of cysteine as cysteic acid. *J. Biol. Chem.*, 235-40, 1963.

NAWAR, I.A.; CLARK, H.E. Protein quality of selected lines of sorghum vulgare for the growing rat. *Nut. Rep. International*, 1(1): 75-81, 1970.

OLIVEIRA, F.M. & CAMPOS, R. *O Sorgo na Alimentação Humana*. Belo Horizonte, EMATER, 1984. 18p.

OKE, O.L. A method for assesing optimun supplementation of a cereal - based diet wish grain legumes. *Nutrition Reports International*, 11(4): 313-21, 1975.

_____. The potencial of millet and sorghum as food in Nigéria. In: INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR CEREAL CHEMISTRY, 9., Viena, 1977. *Proceedings*. Viena, International Association for Cereal Chemistry, 1976. p. 121-24.

OKEJI, E.C. & FUTRELL, M.F. Evaluation for protein quality of formulation of sorghum grain and legume seeds. *Nutrition Reports International*, 28(3): 451-61, 1983.

OSBORNE, T.B.; MENDEL, L.B.; FERRY, E.L. A method of expressing numerically the growth promoting value of protein. *J. Biol. Chem.*, 37: 223-5, 1919.

PEDERSEN, B.; EGGUM, B.O. The influence of milling on the nutritive value of flour from cereal grains sorghum. *Qual. Plant. Foods Hum. Nutr.*, 33: 331-36, 1983.

- PERTEN, A.L. Specific characteristics of millet and sorghum milling. In: INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR CEREAL CHEMISTRY, 9., Viena, 1977. *Proceedings*. Viena, International Association for Cereal Chemistry, 1976. p.47-57.
- PIMENTEL GOMES, F. *Curso de Estatística Experimental*. 10. ed. São Paulo, Nobel, 1982. 427p.
- POME RANZ, Y. *Wheat Chemistry and Technology*. St. Paul, American Association of Cereal Chemists, 1971. 437p.
- PRICE, M.L. & BLUTER, L.G. Rapid visual estimation and spectrophotometric determination of tannin content of sorghum grain. *J. Agri. Food Chem.*, 25(6): 1268-69, 1977.
- PRICE, M.L.; SOOYOC, S.V.; BLUTER, L.G. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain. *J. Agri. Food Chem.*, 26(5): 1214-18, 1978.
- RECOMMENDED dietary allowances. Washington, Food and Nutrition NRC/NAS, 1980. p.179.
- REINHOLD, J.G. Phytate destruction by yeast fermentation in whole wheat meals. *J. American Diet. Assoc.*, 66: 38-45, 1975.
- ROONEY, L.W. A review of physical properties, composition and structure of sorghum grain as related to utilization. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL

CHEMISTS, 5., St. Paul, 1969. *Proceedings*. St. Paul, AACC, 1969.

_____. A review of the physical properties, composition and structure of sorghum grain as related to utilization. In: POME RANZ, Y.C., ed. *Industrial Uses of Cereals*, St. Paul, Pergamon Press, 1973. p. 316-39.

ROSTAGNÓ, H.S. Utilização do sorgo nas rações de aves e suínos. *Informe Agropecuário*, 12(144): 18-27, 1986.

SANCHEZ, P.A. *Suelos del trópico; características y manejo*. São José, IICA, 1981 (Série de libros y materiales educativos, 48). .64.

SANTOS, A.C. & SALGADO, J.M. Suplementação de proteínas e cereais com soro de leite em pó; avaliação química e biológica. *O Solo*, 73(2): 60-4, 1981.

SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. *Análise Química em Plantas*. Piracicaba, ESALQ-USP, 1975. 57p.

SHOUP, F.K.; DEYOE, C.W.; FARRELL, E.P.; HAMMOND, D.L.; MILLER, E.D. Sorghum grain dry-milling. *Food Technology*, 24: 88-92, 1970.

STRUMEYER, D.H. & MALIN, M.L. Condensed tannis in grain sorghum: isolation, fractionation and characterization. *J. Agri. Food Chem.*, 23(5): 909-14, 1975.

- THIPATHI, B.D. & DATE, W.B. Partial substitution of wheat flour for bread preparation; use of cereal flours. *FSTA*, 8(7): 111-7, 1976.
- TOMASINI, R.G.A. Evolução histórica e aspectos econômicos. In: OSÓRIO, E., coord. *Trigo no Brasil*. Campinas, Fundação Cargill, 1982. p. 3-26.
- VEIGA, A.C. Aspectos econômicos da cultura do sorgo. *Informe Agropecuário*, 12(144): 3-5, 1986.
- VIANA, A.C.; BORGONOVIC, R.A.; FREIRE, F.M. Alternativas de cultivo para exploração do sorgo grânífero. *Informe Agropecuário*, 12(144): 28-32, 1986.
- VIRUPAKSHA, T.K. & SASTRY, L.V.S. Studies on the protein content and amino acids composition of some varieties of grain sorghum. *J. Agric. Foods Chem.*, 16: 199-203, 1968.
- VOHRA, P.; KRATZER, F.A.; JOSLYN, M.A. The growth depressing and toxic effects of tannin to chicks. *Poultry Sci.*, 45(1): 135-42, 1966.
- WALL, J.S. & BLESSIN, C.W. Composition and structure of sorghum grain. *Cereal Sci. Today*, 14(8): 264-82, 1969.
- _____. Composition of sorghum plant and grain. In: WALL, J.S. & ROSS, W.M., *Sorghum Production and Utilization*. Westfat, AVI, 1970, p. 118-164.

WATSON, S.A. & HIRATA, Y. The wet milling properties of grain sorghum. *Agron. Journal*, 47: 11-5, 1955.

ZAWISTOWSKA, V.; BEKES, F.; BUSHUK, W. Intercultivar variations in lipid content, composition and distribution and their relation to baking quality. *Cereal Chem*, 61(6): 527-31, 1984.

ZHUMABEKOVA, Z. Zh. & OSTROVSKAYA, L.K. Effect of adding sorghum flour to wheat flour on bread quality. *FSTA*, 2 (8): 127-35, 1976.

APÊNDICE

FORMULÁRIO Nº 2

Nome _____ Data _____

Você vai receber uma amostra padrão marcada com a letra A e três amostras codificadas com as letras B, C e D. Compare cada amostra com o padrão e indique se é aceitável, medianamente aceitável ou não aceitável em relação ao sabor, odor e cor.

Amostra	Sabor	Odor	Cor
A	(PADRÃO)		
B			
C			
D			

Indique os comentários que você quiser dos produtos