

Parcer

Este exemplar corresponde a redação final da Tese defendida por Fernando Martínez Bustos e aprovada pela Comissão Julgadora em 15.12.88, Campinas, 15 de dezembro de 1988.

Cesar Francisco Ciacco

Presidente da Banca

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

22

OBTENÇÃO DE FARINHAS INSTANTÂNEAS DE SORGO
PARA "TORTILLAS" PELO PROCESSO DE EXTRUSÃO

FERNANDO MARTÍNEZ BUSTOS

Engenheiro químico

19/1988

Prof. Dr. Cesar Francisco Ciacco

Orientador

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, para a obtenção do Título de Doutor em Tecnologia de Alimentos.

DEDICATORIA

Com amor para Mara, Christian e Yola.

Con admiración cariño y respeto a mis "viejos" Carmela y Fernando

AGRADECIMENTOS

Ao professor Cesar Francisco Clacco pela orientação e amizade.

Ao Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias pela bolsa concedida.

À CAPES pela bolsa fornecida durante o último ano do curso.

Aos Doutores Issao Shirose pela sua orientação na parte estatística, Maria Victoria E. Grossman, Celina Camargo, Rogério Germani, Renato Cruz, e José Luis Vasconcellos, pela sua colaboração na revisão do trabalho, Vera Lucia Pupo Ferreira pela sua colaboração na análise da cor dos produtos, Maria Amélia Chaib pela sua grande cooperação na correção da tese e realização do teste sensorial dos produtos, Katumi Yotsuyanagi pela sua colaboração prestada no processamento dos dados no computador.

Ao CTAA-Embrapa pela sua colaboração na realização de alguns análises.

Ao Doutor Robert Schafert, da EMBRAPA, pelo fornecimento das amostras.

À Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação (ABIA), pela doação de xerocópias e capas dos exemplares.

Ao pessoal do Centro de Tecnologia, Laboratório de Cereais, Laboratório de Análise Sensorial e Biblioteca, por todo seu apoio e amizade.

Ao Dr. Yoon Kil Chang e família e Sr. Enrique Moura e família pela sua grande amizade e apoio.

Aos meus amigos e a todos que direta ou indiretamente, auxiliaram na realização deste trabalho.

ÍNDICE

PÁGINA

ÍNDICE DE TABELAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE APÊNDICES.....	xiv
RESUMO.....	xv
SUMMARY.....	xvii
I. INTRODUÇÃO.....	1
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
1. <i>IMPORTÂNCIA E PRODUÇÃO DO SORGO</i>	4
2. <i>ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO DO SORGO</i>	5
2.1. Estrutura.....	5
2.2. Composição.....	7
3. <i>PROCESSAMENTO DO SORGO</i>	9
3.1. Fatores que influenciam o processo de moagem..	10
3.2. Moagem seca.....	12
4. <i>UTILIZAÇÃO DO SORGO</i>	18
4.1. "Tortilla".....	20
5. <i>EXTRUSÃO</i>	24
5.1. Extrusão do sorgo.....	25
III. MATERIAL E MÉTODOS.....	26
1. <i>MATERIAL</i>	26
1.1. Matéria-prima.....	26
1.2. Reagentes.....	26
1.3. Aparelhos e equipamentos.....	26
2. <i>MÉTODOS DE CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA. E</i> <i>PRODUTOS OBTIDOS</i>	27

	PÁGINA
2.1. Teste de álcali.....	28
2.2. Presença de testa.....	28
2.3. Textura do endosperma.....	29
2.4. Espessura do pericarpo.....	30
2.5. Dimensões e peso dos grãos.....	30
2.6. Densidade dos grãos.....	30
2.7. Índice de dureza.....	31
2.8. Índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA).....	31
2.9. Determinação da cor.....	32
2.10. Distribuição de tamanho de partículas.....	34
2.11. Determinação do pH.....	34
2.12. Determinação da viscosidade das farinhas.....	34
2.13. Umidade.....	36
2.14. Proteína.....	36
2.15. Lipídeos.....	36
2.16. Cinza.....	36
2.17. Fibra.....	36
2.18. Amido.....	37
2.19. Taninos.....	37
2.20. Fenóis.....	37
2.21. Determinação de aminoácidos.....	37
2.22. Vitaminas.....	38
2.23. Minerais.....	38
3. PROCEDIMENTOS.....	38
3.1. Obtenção de farinhas de sorgo integral.....	38

PÁGINA

3.2. Obtenção de farinhas de sorgo decorticado.....	39
3.2.1. Decorticação.....	39
3.2.2. Moagem dos grãos decortificados.....	39
3.3. Obtenção de farinhas de sorgo decorticado condicionado a diferentes níveis de umidade...	39
3.3.1. Condicionamento dos grãos decortificados..	40
3.3.2. Moagem e fracionamento.....	40
3.4. Obtenção de farinhas instantâneas de sorgo....	41
3.4.1. Condicionamento da farinha.....	41
3.4.2. Extrusão.....	41
3.4.3. Secagem dos produtos extrudados.....	42
3.4.5. Moagem dos produtos extrudados.....	43
3.5. Tratamentos.....	42
3.6. Elaboração de "tortillas".....	45
3.6.1. Avaliação sensorial das "tortillas"....	46
3.6.2. Textura das "tortillas".....	47
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
1. <i>CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA.....</i>	<i>49</i>
2. <i>MOAGEM DO SORGO.....</i>	<i>53</i>
2.1. Decorticação.....	53
2.1.1. Efeito do tempo de decorticação no conteúdo de taninos e fenóis.....	56
2.1.2. Efeito do tempo de decorticação na cor do grão.....	59
2.1.3. Efeito do tempo de decorticação na composição química do grão.....	62

3. EFEITO DA UMIDADE DE CONDICIONAMENTO DO SORGO DECORTICADO NO RENDIMENTO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS FRAÇÕES OBTIDAS NA MOAGEM.....	65
3.1. Rendimento das frações.....	65
3.2. Composição química das frações.....	65
4. CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DAS FARINHAS DE SORGO SELECIONADAS PARA O PROCESSO DE EXTRUSÃO.....	76
5. PROCESSO DE EXTRUSÃO DE FARINHAS DE SORGO PARA ELABORAÇÃO DE "TORTILLAS".....	76
5.1. Comparação entre as características tecnológicas das farinhas de sorgo extrusadas e as da farinha de milho "nixtamalizada".....	78
5.2. Seleção das condições do processo de extrusão para obtenção de farinhas de sorgo para elaboração de "tortillas".....	92
5.3. Comportamento dos cultivares 9A e 145 em relação ao processo de extrusão.....	97
6. ELABORAÇÃO DE "TORTILLAS".....	97
6.1. Cor das farinhas instantâneas de sorgo e das suas misturas com farinha de milho "nixtamalizada".....	97
6.2. Avaliação sensorial das "tortillas".....	105
6.3. Cor das "tortillas" elaboradas com farinhas instantâneas de sorgo e suas misturas com farinha de milho "nixtamalizada".....	112

	PÁGINA
6.4. Textura das "tortillas".....	112
7. EFEITO DO PROCESSO DE EXTRUSÃO E ELABORAÇÃO DE "TORTILLAS" NA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DAS FARINHAS.....	121
7.1. Efeito na composição centesimal.....	121
7.2. Efeito no teor de vitaminas e minerais.....	126
7.3. Efeito no teor de aminoácidos.....	126..
V. CONCLUSÕES.....	139
VI.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	141

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA	PÁGINA
1 Teste de álcali e algumas características estruturais da matéria-prima.....	50
2 Características físicas do grão de sorgo integral; cultivares 9A e 145.....	52
3 Composição química do grão de sorgo integral; cultivares 9A e 145.....	54
4 Efeito do tempo de decorticação no rendimento do grão decorticado e de farelo, cultivares 9A e 145.....	55
5 Efeito do tempo de decorticação no conteúdo de taninos e fenóis dos grãos de sorgo; cultivares 9A e 145.....	57
6 Efeito do tempo de decorticação no conteúdo de taninos e fenóis dos farelos de sorgo; cultivares 9A e 145.....	58
7 Efeito do tempo de decorticação na cor das farinhas de sorgo; cultivares 9A e 145.....	60
8 Efeito do tempo de decorticação na cor do farelo de sorgo; cultivares 9A e 145.....	61
9 Efeito do tempo de decorticação na composição química do grão de sorgo cultivar 9A.....	63
10 Efeito do tempo de decorticação na composição química do grão de sorgo cultivar 145.....	64
11 Efeito do condicionamento do sorgo cultivar 9A, com vários níveis de umidade no rendimento das frações	

TABELA	PÁGINA
de moagem com diferentes tamanhos de partículas.....	66
12 Efeito do condicionamento do sorgo cultivar 145, com vários níveis de umidade, no rendimento das frações de moagem com diferente tamanho de partícula.....	67
13 Teor de proteína das frações de sorgo, cultivar 9A, decorticado por 1 minuto e separadas de acordo com o tamanho de partícula.....	68
14 Teor de proteína das frações de sorgo, cultivar 145 decorticado por 1 minuto e separadas de acordo com o tamanho de partícula.....	69
15 Teor de lipídeo das frações de sorgo, cultivar 9A, decorticado por 1 minuto e separadas de acordo com o tamanho de partícula.....	70
16 Teor de lipídeo das frações de sorgo, cultivar 145, decorticado por 1 minuto e separadas de acordo com o tamanho de partícula.....	71
17 Teor de fibra das frações de sorgo, cultivar 9A, decorticado por 1 minuto e separadas de acordo com o tamanho de partícula.....	72
18 Teor de fibra das frações de sorgo, cultivar 145, decorticado por 1 minuto e separadas de acordo com o tamanho de partícula.....	73
19 Teor de cinza das frações de sorgo, cultivar 9A, decorticado por 1 minuto e separadas de acordo com o	

TABELA	PÁGINA
o tamanho de partícula.....	74
20 Teor de cinza das frações de sorgo, cultivar 145, decorticado por 1 minuto e separadas de acordo com o tamanho de partícula.....	75
21 Características tecnológicas das farinhas de sorgo selecionadas para o processo de extrusão.....	77
22 Cor das farinhas de sorgo extrusadas; cultivar 9A....	79
23 Cor das farinhas de sorgo extrusadas; cultivar 145....	81
24 Viscosidade das farinhas de sorgo extrusadas; cultivar 9A.....	83
25 Viscosidade das farinhas de sorgo extrusadas; cultivar 145.....	85
26 Índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA) das farinhas de sorgo extrusadas; cultivar 9A.....	87
27 Índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA) das farinhas de sorgo extrusadas; cultivar 145.....	89
28 Médias de CP1 dos tratamentos associados ao sorgo, cultivar 9A.....	93
29 Médias de CP1 dos tratamentos associados ao sorgo cultivar 145.....	95
30 Médias do primeiro componente principal associado aos cultivares 9A e 145, submetidos aos diferentes tratamentos.....	98
31 Cor das misturas de farinha de sorgo, integral	

TABELA

PÁGINA

	extrusada cultivar 9A e farinha de milho "nixtamalizada".....	101
32	Cor das misturas de farinha de sorgo, cultivar 9A, decorticado por 1 minuto <0,420 mm extrusada e farinha de milho "nixtamalizada".....	102.
33	Cor das misturas de farinha de sorgo, cultivar 145, integral extrusada e farinha de milho "nixtamalizada".....	103
34	Cor das misturas de farinha de sorgo, cultivar 145, decorticado por 1 minuto extrusada e farinha de milho "nixtamalizada".....	104
35	Diferença total da cor (DE) das misturas de farinha de sorgo extrusada e farinha de milho "nixtamalizada" em relação à referência.....	106
36	Características sensoriais da "tortilla" preparada com diferentes porcentagens de farinha de sorgo, integral extrusada cultivar 9A e farinha de milho "nixtamalizada".....	107
37	Características sensoriais de "tortilla" preparada com misturas de farinha de sorgo cultivar 9A, e farinha de milho "nixtamalizada".....	108
38	Características sensoriais de "tortilla" preparada com misturas de farinha de sorgo integral extrusada cultivar 145 e farinha de milho "nixtamalizada".....	110
39	Características sensoriais da "tortilla" preparada com misturas de farinha de sorgo, cultivar 145 e	

TABELA

PÁGINA

farinha de milho "nixtamalizada".....	111
40 Cor da "tortilla" preparada com misturas de farinha de sorgo, integral extrusada cultivar 9A e farinha de milho "nixtamalizada".....	113
41 Cor da "tortilla" preparada com misturas de farinha de sorgo cultivar 9A e farinha de milho "nixtamalizada".....	114
42 Cor da "tortilla" preparada com misturas de farinha de sorgo, Cultivar 145, integral e extrusada e farinha de milho "nixtamalizada".....	115
43 Cor da "tortilla" preparada com misturas de farinha de sorgo, Cultivar 145, e farinha de milho "nixtamalizada".....	116.
44 Diferença total da cor das "tortillas" elaboradas com misturas de farinhas extrusadas de sorgo e farinha de milho "nixtamalizada" em relação à referência.....	118
45 Textura das "tortillas" preparadas com misturas de farinha extrusada de sorgo, cultivares 9A e 145, e farinha de milho "nixtamalizada".....	118

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1 Diagrama de cromaticidade da Comissão Internacional de Iluminação.....	33
2 Delineamento experimental de blocos incompletos com amostra referência em cada bloco para a avaliação sensorial da "tortilla".....	49
3 Cromaticidade das "tortillas" elaboradas com farinha de sorgo e da referência.....	120
4 Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" na composição centesimal da farinha de sorgo integral cultivar 9A.....	122.
5 Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" na composição centesimal da farinha de sorgo cultivar 9A, decorticado por 1 minuto e condicionado a 15% de umidade <0,420 mm.....	123
6 Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" na composição centesimal da farinha de sorgo cultivar 145 integral.....	124
7 Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" na composição centesimal da farinha de sorgo, cultivar 145, decorticado por 1 minuto.....	125
8 Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" no teor de vitaminas da farinha de sorgo integral cultivar 9A	127
9 Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" no teor de vitaminas da farinha de	

FIGURA	PÁGINA
	sorgo, cultivar 9A, decorticado por 1 minuto e condicionado a 15% de umidade <0,420mm..... 128
10	Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" no teor de vitaminas da farinha de sorgo, cultivar 145, integral..... 129
11	Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" no teor de vitaminas da farinha de sorgo cultivar 145 decorticado por 1 minuto..... 130
12	Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" no teor de minerais da farinha de sorgo integral cultivar 9A 131
13	Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" no teor de minerais da farinha de sorgo cultivar 9A decorticado por 1 minuto condicionado a 15% de umidade <0,420mm..... 132
14	Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" no teor de minerais da farinha de sorgo integral cultivar 145 133
15	Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" no teor de minerais da farinha de sorgo, cultivar 145, decorticado por 1 minuto..... 134
16	Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" no teor de aminoácidos da farinha de sorgo integral cultivar 9A 135
17	Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" no conteúdo de aminoácidos da farinha de

FIGURA

PÁGINA

	sorgo cultivar 9A decorticado por 1 minuto e condicionado a 15% de umidade <0,420mm.....	136
18	Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" no teor de aminoácidos da farinha de sorgo, integral cultivar 145	137
19	Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" no teor de aminoácidos da farinha de sorgo, cultivar 145, decorticado por 1 minuto.....	138

ÍNDICE DE APÊNDICES

APÊNDICE	PÁGINA
A	Questionário da análise sensorial da "tortilla".... 154.
B	Coeficientes (contribuições das variáveis) dos dois primeiros componentes principais (CP). Cultivar 9A..... 155
C	Coeficientes (contribuições das variáveis) dos dois primeiros componentes principais. Cultivar 145..... 156
D	Valores dos dois primeiros componentes principais para os 27 tratamentos e a referência. Cultivar 9A. 157
E	Valores dos dois primeiros componentes principais para os 27 tratamentos e a referência. Cultivar 145. 159

RESUMO

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de estudar o uso de farinhas instantâneas de sorgo, obtidas mediante o processo de extrusão, na elaboração de "tortillas".

O processo de decorticação do grão usando uma beneficiadora de arroz, mostrou ser eficiente na remoção dos compostos polifenólicos.

O condicionamento do grão decorticado e posterior moagem usando moinho de rolos permitiu a obtenção de frações, com diferentes diâmetros de partículas e composição química, que foram usadas no processo de extrusão.

O processo de extrusão mostrou ser adequado para elaboração de farinhas pré-gelatinizadas para a confecção de "tortillas"

As farinhas de sorgo integral, sorgo decorticado, e frações com tamanho de partículas menor que 0,420 mm proporcionaram farinhas extrusadas apropriadas para elaboração de "tortillas". As condições de extrusão mais favoráveis à produção de farinhas instantâneas para "tortillas" foram: 0,15% de Ca(OH)_2 e uma umidade de 15 ou 18% na matéria-prima, taxa de compressão de 1:1, temperatura das 3 zonas do extrusor de 80, 100 e 100°C, velocidade da rosca 130 ou 170 rpm e matriz de 5 mm.

As duas variedades de sorgo testadas apresentaram diferenças significativas em todos os tratamentos de extrusão ensaiados, que foram atribuídas às suas diferentes características físico-químicas.

As características tecnológicas das farinhas instantâneas

de sorgo decorticado foram similares às da farinha "nixtamalizada" comercial de milho usada para "tortillas" . A adição de 10% de farinha de milho "nixtamalizada" comercial às farinhas de sorgo extrudadas melhorou as características sensoriais das "tortillas", principalmente a cor daquelas elaboradas com farinha integral de sorgo.

As etapas de extrusão e elaboração de "tortillas" provocaram algumas perdas no conteúdo de proteína, vitaminas e aminoácidos mas causaram um aumento no conteúdo de cálcio e fósforo.

SUMMARY

The objective of the present work was to study the use of instant sorghum flour, obtained by extrusion, in the production of tortillas.

The decortication process using a rice mill was effective in the elimination of polyphenol compounds.

The conditioned decorticated sorghum grains milled on a roller mill produced fractions with varied particle size and chemical composition, that were used in the extrusion process to obtain pre-gelatinized sorghum flours with technological characteristics adequate for the production of "tortillas."

The best results were obtained with flours from the whole sorghum, decorticated sorghum, and mill fractions with a particle size less than 0,420 mm. The extrusion conditions that resulted in pre-gelatinized flours with appropriate technological characteristics for the production of tortillas were the addition of 0,15 % of Ca(OH)_2 , flour moisture content of 15% or 18%; a compression ratio of 1:1; extruder temperatures at the first, second and third zones of 80, 100 and 100°C, respectively; a screw rate of 130 or 170 rpm and a die diameter of 5mm.

The two varieties of sorghum extruded showed significant differences during extrusion. These differences were attributed to their particular physico chemical characteristics.

The pre-gelatinized flours from decorticated sorghum had properties similar to commercial "nixtamalized" corn flour.

Addition of "nixtamalized" corn flour at the level of 10% to the sorghum flours improved the sensorial characteristics of the "tortillas," in particular the color. This improvement was more pronounced with pre-gelatinized sorghum flour from whole sorghum grains.

The extrusion and production process of "tortillas" caused a reduction in the proteins, vitamins and aminoacids, but increased the contents of calcium and phosphorus.

I. INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* L/ Moench) é um importante cereal a nível mundial ocupando o 5º lugar em área plantada, sendo a base da dieta de muitos países, principalmente da Ásia, África e União Soviética (Hulse *et al.*, 1980; Oomah *et al.*, 1980).

Em relação a outros cereais, a planta de sorgo produz maior quantidade de grãos por hectare, em condições ambientais adversas (House, 1982). É uma cultura precoce e rústica, tolerando solos em condições de pH neutro e pH alcalino e de restrição hídrica (Hulse *et al.*, 1980).

Nos países da América Latina, a cultura de sorgo tem-se expandido tanto em área plantada como em rendimento médio. Trabalhos genéticos estão possibilitando o desenvolvimento de cultivares adaptadas a diferentes latitudes e temperaturas. Em países como Brasil, Argentina e México estes cultivares estão sendo introduzidos em áreas menos favorecidas agronomicamente e de baixa pluviosidade, substituindo a cultura do milho (Hulse *et al.*, 1980). Nestes países, a utilização do sorgo está limitada basicamente a seu uso para alimentação animal, devido principalmente da ausência de tecnologia apropriada para seu processamento e da predominância de variedades comerciais de sorgos coloridos, de alto conteúdo de compostos polifenólicos.

No México, o 4º maior produtor mundial de sorgo (FAO, 1987), este cereal ocupa o 2º lugar em volume de produção, onde os rendimentos obtidos têm apresentado resultados superiores às médias do continente e mundiais, e a produção continua aumentando

(SPP-México, 1981).

Em diversos países da América Central, o sorgo é usado para consumo humano na forma de "tortillas" e mingaus. No México este cereal tem sido proposto como uma alternativa para complementar a produção insuficiente de milho, na elaboração de diversos produtos alimentícios, especialmente da "tortilla", que é consumida por todas as classes sociais. Acompanhando todas as refeições ou consumida simplesmente com sal ou com os pratos mais sofisticados, a "tortilla" é considerada o alimento mais característico e importante do México. De acordo com Khan et al (1980) existe no México um consumo anual de 120 kg "per cápita".

O milho tem sido o cereal usado tradicionalmente na preparação de "tortillas". Entretanto, as grandes vantagens agronômicas apresentadas pelo sorgo colocam esta cultura como uma alternativa viável na elaboração de produtos básicos. Uma mistura de sorgo e milho (50/50), está sendo considerada para elaborar "tortillas" devido a uma baixa produtividade do milho em regiões semi-áridas (Iruegas et al, 1981).

O processo de extrusão é um processo mais eficiente que o processo tradicional de elaboração de "tortillas", principalmente no que se refere ao aproveitamento da matéria-prima, tempo, gasto de energia e produção de efluentes. Este processo representaria uma grande vantagem econômica ao México, onde o preço do sorgo é aproximadamente 25% mais baixo que o do milho (Bedolla, 1983).

O processo de extrusão, amplamente usado na indústria de alimentos, não tem sido estudado extensivamente na preparação de farinhas instantâneas de sorgo. Por este motivo, os objetivos

deste trabalho foram:

1. Estudar as características físico-químicas do grão de sorgo em relação ao seu comportamento durante o processo de decorticação e moagem.
2. Estudar os efeitos dos parâmetros de extrusão nas características tecnológicas das farinhas de sorgo para elaboração de "tortillas".
3. Avaliar o efeito da adição de farinhas instantâneas de sorgo à farinha "nixtamalizada" de milho comercial nas características de sensoriais das "tortillas" produzidas por estas misturas.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. IMPORTANCIA E PRODUÇÃO DO SORGO

O sorgo (*Sorghum bicolor* L/ Moench) é uma cultura conhecida pelas antigas civilizações da África Oriental, originária provavelmente da Etiópia ou Sudão. Sua introdução no Hemisfério ocidental iniciou-se no ano de 1700 juntamente com o comércio de escravos (Doggett, 1970; Martin, 1970).

O sorgo pertence a família das gramíneas e é membro do gênero *Andropogoneae* (Martin, 1970). É um cereal de grande diversidade genética, existindo mais de 14000 variedades na coleção mundial (Hulse et al, 1980).

Provavelmente a característica mais importante do sorgo é sua capacidade de sobrevivência e produção sob condições de seca contínua ou intermitente. Esta característica é atribuída a seu sistema radicular fibroso muito extenso e ao sistema respiratório eficiente com características foliares que retardam a perda da água da planta (Hulse et al, 1980; Kramer & Ross, 1970). Ela pode permanecer dormente nos períodos em que as condições não são favoráveis, crescendo novamente quando estas são mais propícias. Além disso, tolera solos em condições de pH neutro e pH alcalino (Hulse et al, 1980; Kramer & Ross, 1970).

A produção mundial de sorgo no ano de 1987 foi de 62 milhões de toneladas. Os Estados Unidos da América foram, nesse ano, o maior produtor do mundo, com uma produção anual de 19 milhões de toneladas, seguido pela Índia, China, México e Nigéria.

Estes 5 países são responsáveis por aproximadamente 75% da produção mundial. No Brasil, a produção de sorgo ainda não é significativa atingindo 470 mil toneladas em 1987 (FAO, 1987).

Na Ásia e na África, 90% da produção de sorgo é diretamente utilizada para consumo humano, proporcionando mais de 50% do total de calorias e até 50% das proteínas da dieta destes povos. Os nativos da África e do Oriente Médio o tem cultivado por muitos séculos para ser usado como alimento (Martin, 1970; Hahn, 1970).

Em países desenvolvidos, o sorgo tem sido, tradicionalmente, usado na alimentação animal e apenas 1 a 2% da produção é destinada ao consumo humano e industrial (Anderson & Burbridge, 1971).

2. ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO DO SORGO

2.1. Estrutura

A inflorescência do sorgo é uma panícula cujo comprimento varia de 7,5 a 50 cm e a largura de 4,0 a 20, cm. O número de sementes por cada panícula varia de 800 a 3.000. Cada semente está encerrada em uma cobertura foliar (lema e palea) a qual normalmente é liberada do grão durante a colheita. O grão, lema e palea, estão localizadas dentro das glumas que podem ser de cor marrom, preta, vermelha ou colorida, devido à presença de pigmentos (Rooney, 1973; Arnon, 1972).

O grão de sorgo é de forma esférica ligeiramente achatada, com peso variando de 8 a 50 mg e de aproximadamente 4 mm de

comprimento por 3,5 mm de largura e 2,5 mm de espessura (Rooney & Clark, 1968). A semente, devido a presença de compostos fenólicos, pode apresentar-se na cor branca, amarela, marrom ou vermelha (Wall & Blessin, 1970). Os pigmentos estão localizados no pericarpo e/ou testa do grão (Arnon, 1972).

O fruto ou cariopse do sorgo é constituída de três partes principais : a cobertura externa ou pericarpo (7 a 9%), o tecido de reserva ou endosperma (79 a 85%) e o germe (8 a 12%) (Bidwell *et al.*, 1922). Algumas variedades de sorgo possuem germe e pericarpo muito pequenos, com o equivalente em peso seco do grão de 5 a 7% e de 3 a 5%, respectivamente (Rooney & Miller, 1981).

O pericarpo é formado de uma camada externa denominada epicarpo ou epiderme, que contém pigmentos e cera; uma camada média ou mesocarpo, com grânulos de amido embebidos em uma matriz densa de proteínas e o endocarpo, formado de células cruzadas e tubulares, cuja função principal é o transporte de umidade através do grão. Em algumas variedades de sorgo, abaixo das células cruzadas e tubulares, rodeando o endosperma, encontra-se uma camada de células denominada testa, que pode conter pigmentos. Durante o amadurecimento do grão e a medida que o endosperma vai expandindo, a testa pode formar uma camada contínua ou desaparecer parcial ou totalmente (Rooney & Miller, 1981). A pigmentação presente no pericarpo e/ou testa é geralmente atribuída a presença de pigmentos fenólicos (Arnon, 1972).

O endosperma é composto de várias camadas. Uma externa denominada aleurona, outra de endosperma periférico e das regiões cristalinas e amiláceas do endosperma (Hulse *et al.*, 1980; Rooney &

Clark, 1968).

As células do aleurona contêm grandes quantidades de minerais, vitaminas hidrossolúveis, enzimas, lipídeos, corpúsculos proteicos e ácido fítico (Rooney & Miller, 1981).

O endosperma córneo ou cristalino é translúcido e envolve o endosperma amiláceo, que tem baixo conteúdo de proteína (Rooney & Miller, 1981).

2.2. Composição

A composição do grão de sorgo varia significativamente com o genótipo e com as condições ambientais. Sua composição é provavelmente a mais variável de todos os cereais, pois é cultivado nas mais diferentes condições (Rooney et al, 1980).

Os carboidratos constituem 80 a 85% do peso seco do grão (Rooney & Clark, 1968), sendo o amido o seu principal componente. De acordo com Rooney (1973) o endosperma, germe e farelo contem 82%, 13,4%, 34,6% de amido respectivamente. Além do amido, o sorgo contém celulose, açúcares simples e pentosanas. Miller & Burns (1970) analisaram 17 variedades comerciais e híbridos de sorgo e encontraram que o conteúdo de amido variava entre 65,0 e 70,6% e o teor de amilose desses amidos entre 4,8 e 34,9%. De acordo com Rooney & Clark (1968) o amido de sorgo é constituído de 20 a 30% de amilose e de 70 a 80% de amilopectina. Existem algumas variedades com amido ceroso que contem 100% de amilopectina.

O teor de lipídeos de variedades comerciais de sorgo encontra-se na faixa de 2,1 a 5,3% (Jambunathan, 1980; Anderson et

al. 1969c; Dechev, 1973). Aproximadamente 13% dos lipídeos totais estão presentes no endosperma, 11% na casca e 76% no germe (Wall & Blessin, 1970). A quantidade de lipídeos presentes em variedades cerosas e não cerosas é similar e esta é correlacionada com os pesos do germe e grão integral (Weber, 1973).

O teor de proteína nas variedades conhecidas de sorgo varia de 8,6 a 18,2% (Hulse *et al.*, 1980). Entre estas proteínas, as albuminas e globulinas estão localizadas principalmente no germe, camada do aleurona e pericarpo e apresentam conteúdo mais alto de lisina e de outros aminoácidos essenciais que as outras classes de proteínas. Kafirina, a prolamina do sorgo, representa 60% das proteínas do endosperma e possui alto conteúdo de ácido glutâmico e aminoácidos não polares, sendo deficiente em lisina e metionina (Rooney *et al.*, 1980). As glutelinas constituem o maior componente da matriz proteica do endosperma (Rooney *et al.*, 1980). A composição em aminoácidos das proteínas do sorgo é similar à das proteínas do milho, apresentando a lisina como primeiro aminoácido limitante, seguido pela treonina e triptofano. (Rooney *et al.*, 1980). O conteúdo de triptofano do sorgo é, entretanto, maior do que o encontrado no milho (Rooney *et al.*, 1980).

O teor de fibra no grão varia de 1,0 a 3,4% enquanto os teores de vitaminas e sais minerais são similares aos do milho (Jambunathan, 1980; Wall & Blessin, 1970). O sorgo, entretanto, apresenta maior teor de tiamina, ácido pantotênico, ácido nicotínico, e biotina que o milho. Estas vitaminas estão concentradas no germe, que contém de 2 a 5 vezes a quantidade presente no endosperma e farelo (Wall & Blessin, 1970).

Os compostos carotenóides e fenólicos são os principais tipos de pigmentos presentes no grão de sorgo. O tipo e quantidade de compostos fenólicos presentes no grão de sorgo são determinados geneticamente e, em menor grau, pelas condições ambientais existentes durante o amadurecimento do grão. O grupo de polifenóis encontrados no sorgo inclui, basicamente, flavonóides, antocianidinas, leucoantocianidinas e taninos condensados (Rooney *et al.*, 1980). Dentre estes compostos, os denominados leucoantocianidinas ou antocianógenos e os taninos parecem ser responsáveis pelo sabor amargo, adstringência e pela baixa palatabilidade e digestibilidade do cereal. São provavelmente responsáveis também pela cor vermelha intensa ou marrom do grão (Hulse *et al.*, 1980; Maxson & Rooney, 1972; Rooney *et al.*, 1973).

3. PROCESSAMENTO DO SORGO

De uma maneira geral, os cereais são beneficiados antes de serem consumidos, sendo geralmente moídos, transformados em flocos ou cozidos parcialmente para aumentar sua digestibilidade (Hulse *et al.*, 1980).

Os processos tradicionais de transformação do sorgo em alimento comestível envolvem a decorticação e/ou moagem seca do grão. A eficiência destes processos dependem não só do equipamento utilizado como também das características intrínsecas do grão (Hulse *et al.*, 1980).

3.1. Fatores que influenciam o processo de moagem

Diversos pesquisadores estudaram a possibilidade da moagem do sorgo usando os processos e equipamentos normalmente utilizados na moagem do trigo. A pouca aceitação dos produtos obtidos aliada aos baixos rendimentos e altos custos de produção, não estimularam a utilização desta tecnologia na moagem do sorgo (Hahn, 1970; Perten, 1977).

A baixa qualidade nutricional de algumas variedades de sorgo com alto conteúdo de taninos, tem diminuído seu uso como fonte de alimento para consumo humano (Chavan *et al.*, 1979). Os taninos diminuem a digestibilidade das proteínas presentes no grão devido à formação de complexos tanino-proteína que são insolúveis e resistentes às enzimas hidrolíticas presentes no sistema digestivo (Chibber *et al.*, 1978).

Os polifenóis presentes no grão de sorgo estão localizados principalmente no pericarpo e testa, sendo transferidos ao amido durante a moagem úmida ou ao endosperma durante a moagem seca (Wall & Blessin, 1970), limitando desta forma a utilização dos processos de moagem do grão.

Muitos métodos são tradicionalmente usados na África para diminuir os efeitos adversos dos polifenóis do sorgo. Em algumas comunidades, os grãos são macerados em leite fermentado ou em água contendo sementes de tamarindo. O ácido láctico e tartárico, respectivamente formados durante estas fermentações, agem provavelmente nos pigmentos da cobertura da semente. No entanto não existem dados sobre a diminuição do efeito nutricional adverso

dos taninos. Outras comunidades provocam a germinação do grão em cinzas de madeira umedecida, propiciando uma hidrólise alcalina dos taninos presentes. Também neste caso não existem dados sobre os efeitos do processo nos nutrientes essenciais (Hulse *et al.*, 1980).

Entre os processos estudados para reduzir o conteúdo de taninos estão incluídos a hidrólise ácida ou alcalina, tratamento com NH_4OH e NH_3 (gasoso) sob pressão e autoclavagem (Price & Butler, 1978). Segundo Hulse *et al.* (1980) as formas práticas mais efetivas para a remoção de taninos da cobertura da semente envolvem o tratamento com álcali ou a decorticação abrasiva.

Do ponto de vista nutricional, particularmente para grãos de sorgo com alto conteúdo de compostos fenólicos, o processo mais adequado, consiste na remoção das camadas externas do grão pelo descascamento, polimento ou decorticação, seguido pelo processo de moagem (Hulse *et al.* 1980). Este processo melhora a cor, textura e qualidade de cozimento da farinha de sorgo, devido a separação do pericarpo, rico em compostos fenólicos, polissacarídeos complexos e fitatos (Desikachar, 1981; Hahn, 1969).

Kapasi-kakama (1977) estudou a influência de algumas características físicas e estruturais do grão de sorgo na qualidade e rendimento do sorgo decorticado. Os melhores rendimentos e qualidade foram obtidos com grãos sem testa, de pericarpo fino, com baixa intensidade da cor e com endosperma vítreo, esférico e com peso de cada grão de no mínimo 30 mg. A textura do endosperma foi o fator mais importante na determinação do rendimento do produto decorticado.

Maxson *et al* (1971) usando um decortificador para cevada associado a um sistema de peneiras giratórias e um de classificação por ar estudaram as propriedades abrasivas do sorgo com diferentes proporções de endosperma córneo e amiláceo. O comportamento dos grãos durante a decorticação foi altamente correlacionado com suas propriedades físicas, principalmente a textura do endosperma. Os mais altos rendimentos de grits com baixo conteúdo de cinzas e lipídeos foram obtidos com as variedades córneas.

Reichert *et al* (1981) construíram um descascador experimental mecânico (abrasão tangencial) para ser utilizado no descascamento a seco de grãos de sorgo. Os resultados obtidos indicaram que a facilidade do descascamento foi função do grau de adesão entre o endosperma e as camadas do pericarpo e da dureza do grão. Além disso os grãos moles se romperam facilmente sob a pressão da superfície abrasiva, ao contrário dos grãos vitreos. Segundo Wills & Ali (1983) o rendimento do grão descascado por abrasão aumentou a medida que o tamanho do grão diminuiu.

De acordo com Wall & Blessin (1969) o germe encontra-se ligado firmemente ao grão, sendo difícil de ser separado durante a moagem seca ou úmida.

3.2. Moagem seca

Na Índia e em algumas partes da África, o sorgo é descascado antes de ser utilizado no preparo de sopas, pastas e produtos cozidos (Pertin, 1983). A separação da casca, feita por

secagem manual do grão de sorgo previamente macerado em água, provoca muitas perdas decorrentes da ruptura do grão. Após a secagem do grão ao sol as camadas externas da semente são retiradas mediante peneiragem ou lavagem com água (Hulse et al, 1980; Perten, 1983).

De maneira geral os processos mais modernos de moagem seca do sorgo incluem a limpeza, o condicionamento, a remoção do farelo e germe e finalmente a moagem do endosperma (Hahn, 1969; Hulse et al, 1980).

A moagem seca do sorgo em escala industrial, iniciou-se nos Estados Unidos, aproximadamente em 1949. Atualmente, existe nesse país 6 moinhos de sorgo em escala industrial e as informações sobre os processos por eles utilizados são escassas. A maioria dos dados encontrados na literatura foram obtidos em moinhos de laboratórios (Hahn, 1969, 1970).

A literatura cita cerca de 21 métodos de moagem de sorgo a seco, os quais 11 são baseados na abrasão, 3 no atrito, 4 na moagem em sistemas de quebra e redução e 3 na pulverização (Hulse et al, 1980).

Pesquisadores do "Central Food Technological Research Institute", de Mysore, Índia obtiveram resultados satisfatórios no descascamento de sorgo usando equipamento de polimento de arroz, com ligeiras modificações. O condicionamento dos grãos a um nível de 2 a 5% de umidade, acima da presente no grão, por períodos de 5 a 10 minutos, permitiu a hidratação do farelo e facilitou sua separação. Baseados nestas experiências, foi desenvolvido um sistema de moagem de sorgo, que permitiu a obtenção separada de

farelo, semolina e farinha branca (Desikachar, 1981).

Anderson et al (1989c) testaram vários processos para obtenção de frações de endosperma com baixo conteúdo de gordura. Quando os grãos de sorgo foram condicionados a um conteúdo de umidade de 19,6% e moídos em moinho de rolos, foi obtido o rendimento em farinha de 51%, a qual apresentou quantidades inferiores a 1 e 0,5% de gordura e cinzas, respectivamente. A posterior moagem dos finos obtidos, usando o mesmo moinho, aumentou o índice de extração em farinha para 68%, sem alterar os níveis de lipídeos e cinzas. Farinhas com baixos teores de lipídeos foram obtidas quando os grãos condicionados, a 18% de umidade por 10 minutos, foram previamente degerminados e descascados em um degerminador experimental.

Shoup et al (1970) usaram um descascador experimental para a remoção do farelo e um equipamento convencional de moagem de trigo para a retirada do germe e obtenção da farinha do sorgo. O processo de descascamento resultou em uma redução no grau de pigmentação do grão e propiciou rendimentos de até 80% em relação ao grão descascado. Os teores de fibra situaram-se na faixa de 1% e o teor de proteína de 3,9 a 20 %.

Anderson & Burbridge (1971) desenvolveram um sistema integrado para moagem seca de sorgo. A casca previamente umedecida, foi retirada com o uso de um beneficiador abrasivo de arroz, enquanto que o germe foi separado do endosperma através da moagem do grão (decorticado e condicionado) em moinho de impacto. Após secagem o grits foi separado do germe por peneiragem. As partículas maiores foram reduzidas para produzir farinha de sorgo

contendo aproximadamente 3% de lipídeos.

Reichert & Youngs (1976, 1977) estudando a eficiência da decorticação entre moinhos comerciais de atrito e de abrasão e um decortificador de cevada, de laboratório, e observaram que o moinho de abrasão foi superior aos demais. Posteriormente, estes mesmos autores, compararam a composição química dos sorgos decorticados por estes processos e os grãos decorticados pelo processo tradicional usado na Índia. (socagem manual). Os grãos decorticados mecânicamente apresentaram um menor teor de lipídeo, cinza e proteína que os grãos decorticados pelo processo tradicional.

Normand *et al* (1965) e posteriormente Rooney *et al* (1972) usando moagem abrasiva para retirar as camadas externas sucessivas do grão de sorgo encontraram que as proteínas se distribuíam no grão de forma heterogênea.

Stringfellow & Peplinski (1966) obtiveram, mediante classificação por ar, frações finas com diferentes teores de proteína, a partir de grits de sorgo com diferente grau de dureza.

Hahn (1969) utilizando um sistema de moagem, com moinhos de rolos, obteve farinhas de quebra com rendimentos de 10 a 15%, com baixo conteúdo de proteína e alto conteúdo de endosperma amiláceo e de pigmentos. Farinhas obtidas com um índice de extração de 90% foram altamente pigmentadas e com alto teor de lipídeos. De acordo com este autor, o processo de moagem por rolos pode ser adaptado para moagem de sorgo quando se quer uma moagem integral do grão ou farinhas com baixo índice de extração. A moagem por rolos pode também ser usada para o refinamento parcial após a retirada das

camadas externas do grão por decorticação.

Rooney & Sullins (1969) utilizando um decortificador de cevada e um sistema de peneiras e de classificação pneumático e obtiveram as seguintes frações de moagem : farelo, grits com germe e grits sem germe.

Shepherd (1979) testou o moinho Udy ciclón de laboratório, modificando a câmara de moagem e o coletor, na tentativa de obter uma ação de decorticação e separação do farelo do grão de sorgo. Os problemas encontrados neste sistema de decorticação foram a grande quantidade de grãos quebrados e o acúmulo de flocos na câmara de moagem, dificultando sua separação. Pesquisas posteriores conduzidas por Sheperd (1981) indicaram que a formação de flocos parece resultar da quebra do mesocarpo durante a decorticação.

O "National Research Council" do Canada, desenvolveu em 1973, um processo para moagem seca do grão de sorgo que incluía, basicamente as etapas de limpeza, descascamento, moagem com moinho de martelos, peneiragem, embalagem e armazenamento da farinha. O processo tem sido empregado com sucesso na Nigéria, Gana, Botswana, Maiduguri, Líbano e Filipinas (Oomah et al, 1980).

No "Carlsberg Research Laboratory", na Dinamarca, foi desenvolvido um processo industrial de moagem a seco para sorgo, baseado na experiência de moagem abrasiva e do antigo princípio de socagem manual, avaliado por Eggum et al (1981) em diversas localidades da Tanzânia. O processo consiste em um decortificador industrial integrado a um sistema de moagem e separação de frações de farinha grossa e fina, grits, casca grossa e fina. Os melhores

resultados foram obtidos com variedades de sorgo moderadamente moles e semimoles, persistindo porém o problema de pigmentos nas farinhas obtidas a partir dos grãos com pericarpo colorido (Munck, 1981).

Em 1970 foram instaladas no "Institut de Technologie Alimentaire" (ITA) em Dakar, Senegal, plantas-piloto semi-industriais para moagem de sorgo. Resultados obtidos nestas plantas-piloto mostraram que a moagem com rolos produziu farinhas grossas e baixos rendimentos. A moagem com moinho de martelos proporcionou frações mais finas contendo maiores teores de fibra e cinza em comparação com as frações grossas. A decorticação do grão (20%) permitiu a obtenção de farinhas com boa aceitação e levou a instalação no Sudão, de uma planta para moagem de sorgo. A farinha de sorgo obtida por este processo foi usada para a elaboração de farinhas compostas de trigo e sorgo para panificação (Pertin, 1983).

Scheuring et al (1983), usando grãos com endosperma de dureza intermediária, estudaram o efeito da espessura do pericarpo na decorticação. Os resultados obtidos mostraram a existência de uma relação inversa entre a espessura e o tempo necessário para decorticar o grão com pilão e socador. O tempo necessário para decorticar sorgo de pericarpo fino foi 25% maior que o necessário para decorticar sorgo de pericarpo grosso. Os maiores rendimentos foram obtidos com o uso de uma descascadora e sorgos de pericarpo fino.

Guerra (1983) estudou o efeito da umidade de condicionamento na moagem de sorgo usando moinhos de arroz e/ou

rolos. O moinho de rolos propiciou os maiores rendimentos em farinha quando foi usado grão sem condicionamento (12,87% de umidade). Estudos realizados com grãos previamente decorticados em uma beneficiadora de arroz, mostraram que os maiores rendimentos foram também obtidos com grãos sem condicionamento. Os grãos decorticados e moídos em moinho de rolos tiveram um rendimento em farinha de 80% o qual apresentou baixos teores de cinzas e lipídeos.

4. UTILIZAÇÃO DO SORGO

Tradicionalmente o sorgo tem sido consumido em forma de mingaus, bebidas, pães, bolos, pipocas e outros (Hulse et al, 1980; Rivera, 1984; Rooney et al, 1980; Desikachar, 1977). Na África um alimento básico denominado "to", "tuwo", "ugali" ou "asidah" é elaborado a partir da farinha de sorgo obtida por socagem do grão. Essa farinha é cozida em água e acidificada com suco de limão até se obter uma pasta grossa com textura firme, que é consumida com diferentes tipos de molhos. O "bogobe" é um mingau elaborado a partir de farinha de sorgo fermentada. O "couscous" é um alimento granulado feito de farinha de sorgo cozido com vapor. "Soru" ou "annam" são os grãos de sorgo descascados cozidos em água de forma semelhante a do arroz. O "ogi" é preparado com sorgo fermentado, lavado, moído e peneirado e o "Chapati" ou "roti", é uma espécie de pão não fermentado, geralmente preparado com farinha de sorgo branco. Outras formas de consumo menos difundidas são o grão frito ou torrado e o grão descascado cozido,

o qual é preparado e servido como arroz (Axtell, 1981).

De acordo com Rooney (1973) as farinhas de sorgo branco e vermelho têm sido incorporadas em vários alimentos consumidos na África, Ásia e América Latina. A incaparina é um produto de sorgo para o desjejum, elaborada principalmente com 28% de farinha de sorgo, 28% de farinha de milho e 28% de semente de algodão, 3% de levedura, 3% de farinha de folhas desidratadas, 1 % de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ e vitamina A. Este alimento tem sido comercializado na América Central desde 1960 e sua produção em 1966 atingiu os 2 milhões de quilogramas anuais (Hahn, 1970).

Na Argentina, foi desenvolvido um alimento similar a incaparina, contendo 20% de farinha de sorgo, 17% de farinha de painço, 10% de farinha de trigo, 40% de farinha de amendoim e 10% de farinha de feijão branco (Hulse et al, 1980). Outro produto pré-cozido, com elevado conteúdo protéico, é a "harina de la libertad" que contém 26% de sorgo, 26% de trigo, 21% de milho, 15% de soja desengordurada e torrada, 10% de leite desidratada e 2% de vitaminas e sais minerais (Hahn, 1970).

Em alguns países o sorgo é utilizado em uma grande variedade de bebidas (Novellie, 1977; Rooney et al, 1980). A utilização de grits de sorgo na produção de cerveja é prática comum na África do Sul, que produz anualmente 1 bilhão de litros de cerveja.

O sorgo tem sido também usado como fonte de carboidratos em meios de cultura para a produção de ácido láctico, riboflavina, polissacarídeos microbianos, antibióticos e ácido cítrico (Rooney et al, 1980). Também o amido de sorgo é utilizado em uma variedade

de setores industriais como o da construção civil , fundição, têxtil, papel, destilaria e na fabricação de cola (Rooney et al, 1973).

Em alguns países da América Central, onde o consumo de produtos a base de milho é superior a produção deste cereal, a substituição de milho por sorgo é uma prática comum na elaboração de "tortillas". Este produto ocupa uma posição de destaque na dieta da população de países como México, Guatemala, El Salvador, Nicaragua e Honduras, onde o consumo "per capita" chega a 120 kg/ano (Khan et al. 1980).

4.1. "Tortilla"

A "tortilla" é um produto alimentício amplamente difundido no México, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua e sul dos Estados Unidos da América.

O processo convencional de produção de "tortillas" é bastante simples e envolve em uma primeira etapa o preparo da farinha em um processo denominado de "nixtamalización". Neste processo, uma parte de grãos de milho é misturada a duas partes de água e cal, em concentrações que variam de 1,5 a 4% em relação ao peso do milho. A mistura é aquecida à ebulição, e mantida nesta temperatura até que se torne possível desprender manualmente a casca do grão manualmente. Esta mistura é deixada em repouso por 12 a 15 h. A seguir, o grão cozido, denominado "nixtamal", é separado, lavado com água e finalmente moído. A massa obtida é condicionada com água até se obter uma consistência adequada para

elaboração de "tortillas". A "tortilla" propriamente dita é modelada manualmente ou mediante o emprego de uma amassadora manual com frações de massa de aproximadamente 25 g. A "tortilla" é finalmente cozida em uma chapa metálica ou de argila, previamente aquecida a uma temperatura aproximada de 180°C, durante aproximadamente 3 minutos em ambos os lados.

A farinha "nixtamalizada" de milho, para a elaboração de "tortillas" também é produzida a nível industrial. O processo consiste em recepção, seleção, limpeza, armazenamento do grão e "nixtamalización". A massa obtida é seca, moída e embalada em sacos de papel (Del Valle, 1972).

A farinha produzida desta maneira apresenta coloração branca ou amarelada, caso se utilize milho branco ou amarelo, e tem um cheiro característico de massa de milho. Esta farinha é misturada com água para se obter uma massa adequada para a elaboração de "tortillas" e de diversos produtos (SPFI, 1980).

A indústria de farinha "nixtamalizada" de milho teve sua origem no México no início dos anos 50, sendo formada atualmente por 14 indústrias, com uma capacidade anual de processamento de 947 mil toneladas de milho. Estas fábricas tem operado com cerca de 66% de sua capacidade devido a falta de milho, satisfazendo 15% da demanda nacional de "tortilla" (SPP, 1981).

Na América Central são consumidas "tortillas" elaboradas com misturas de sorgo e milho em diferentes proporções, dependendo da disponibilidade e preço do milho (Futrell & Robert, 1982).

No México, existem programas de melhoramento genético para selecionar cultivares de sorgo próprios para elaboração de "

tortillas" (Iruegas et al, 1981).

Iruegas et al, (1981) reportaram que genótipos de sorgo com baixo conteúdo de taninos e fenóis geralmente produzem "tortillas" com características sensoriais aceitáveis. Por outro lado, sorgos com valores intermediários ou altos, de taninos e fenóis produzem "tortillas" com características indesejáveis. Estes autores reportaram que o uso de misturas de sorgo e milho melhora as características tecnológicas e sensoriais das "tortillas".

Bedolla et al, (1982) usaram o método alcalino, tradicional na elaboração de "tortillas", obtendo os melhores resultados com misturas de 40% de sorgo decorticado e 60% de milho, ou com 20% de sorgo integral e 80% de milho. O cozimento do sorgo integral em água na ausência de álcali, possibilitou a produção de "tortillas" com boas propriedades reológicas da massa, coloração, sabor, aroma e textura característicos.

Choto et al, (1985) usaram sorgo decorticado e integral em misturas com milho amarelo, na elaboração de "tortillas". Os melhores resultados, em termos de tempo de cozimento, perda de sólidos, cor e características sensoriais foram observados quando usaram 25% de sorgo integral e 75% de milho ou sorgo decorticado em porcentagens de 25, 50, 75 e 100%.

Bressani et al, (1977) realizaram diversas pesquisas, comparando sorgo branco com milho, na elaboração de "tortillas" usando o processo alcalino convencional. Os resultados mostraram que o sorgo foi cozido, à pressão atmosférica, utilizando metade do tempo gasto para o milho, e que as perdas de sólidos nos tempos ótimos de cozimento foram similares para os dois grãos. As

"tortillas" de sorgo apresentaram um sabor aceitável, textura suave, mas com uma qualidade e quantidade de proteína inferiores às do milho.

Silva (1983) estudou a utilização de misturas de farinhas pré-gelatinizadas de sorgo integral e farinha de milho, para elaboração de "tortillas". Os melhores resultados foram obtidos com misturas contendo 25 e 50% de farinha pré-gelatinizada de sorgo. Resultados semelhantes a estes foram obtidos por Ramirez (1984).

Diversas pesquisas têm mostrado a viabilidade da utilização do sorgo na elaboração de farinhas instantâneas para "tortillas" (Bedolla, 1982; Bedolla, 1983; Johnson *et al.*, 1980; Silva, 1983; Ramirez, 1984). Entretanto, na substituição de milho por sorgo, devem ser também considerados os hábitos do consumidor e o poder aquisitivo da população. No primeiro caso, a introdução de uma farinha instantânea com características químicas e tecnológicas similares as da farinha de milho comercial poderia ser iniciado um processo de aceitação. No segundo caso, o uso do sorgo em lugar de milho provocaria uma queda do preço do produto final devido a seu menor preço no mercado.

Entre os vários processos existentes de elaboração de farinhas instantâneas para "tortillas", o de extrusão apresenta algumas conveniências e vantagens. Entre elas pode-se destacar o menor tempo de processamento e o aproveitamento integral da matéria-prima e da água durante o processo. A conveniência deste processo é resultante da atual utilização, a nível industrial, do processo de extrusão para obtenção de farinhas instantâneas de milho com soja para "tortillas" (CIATECH, 1984).

5. EXTRUSÃO

A extrusão de alimentos é um processo cujo princípio básico é a modificação do material sólido pela aplicação de cisalhamento mecânico, aquecimento e mistura contínua para a formação de uma massa plástica. Esta massa é reestruturada através de uma matriz, para a formação de um produto com texturas e formatos pré-determinado (Harper, 1979; Seib, 1976; Smith, 1979).

Um extrusor de alimentos consiste de um parafuso giratório, firmemente encaixado dentro de um cilindro. O alimento a ser extrusado é pré-moído e misturado homogeneamente antes de ser colocado na zona de alimentação da rosca. Em muitos casos, a matéria-prima é parcialmente aquecida e seu conteúdo de umidade é elevado numa câmara de pré-condicionamento. O parafuso, ao girar, empurra o alimento na direção de uma matriz, revirando-o e pressionando-o contra as paredes do cilindro, transformando-o numa massa viscosa (Harper, 1979; Seib, 1976; Smith, 1979). O alimento absorve calor por dissipação viscosa da energia mecânica aplicada ao parafuso. O aquecimento pode também ser fornecido, com vapor nas camisas do cilindro, por aquecimento elétrico ou mediante aplicação direta de vapor na massa. A medida que o alimento se movimenta, a pressão dentro do cilindro aumenta devido à restrição ao fluxo na zona de descarga do cilindro. Esta pressão de descarga varia entre 30 a 60 atmosferas. Quando o alimento emerge da matriz, a pressão é reduzida e a água superaquecida evapora instantaneamente, provocando a expansão do produto. A perda de umidade do produto resulta em um resfriamento do alimento, que se

solidifica e se firma, geralmente retendo sua forma expandida (Harper, 1979).

5.1. Extrusão do sorgo

Anderson *et al.*, (1989b) estudando as características dos produtos extrudados de grits de sorgo, mostraram que a temperatura do cilindro, para amostras com conteúdos de umidade de 15 a 25%, tinha influência nos índices de absorção e solubilidade em água. A degradação do amido foi maior em menores níveis de umidade, resultando em baixas viscosidades da pasta a frio e viscosidade final.

Guerra (1983) elaborou farinha pré-gelatinizada de sorgo decorticado mediante o processo de extrusão, utilizando sorgo decorticado com teores de umidade que variaram de 15 a 22,5%, temperaturas de 160, 180 e 200°C, taxa de compressão de 1:4 e matriz de 3 mm. Os resultados mostraram que a viscosidade aumentou com a elevação da temperatura de extrusão. O processo de extrusão provocou uma diminuição do conteúdo de alguns aminoácidos essenciais e vitaminas, entretanto a digestibilidade foi aumentada.

Os dados da literatura mostram que a extrusão de alimentos é uma operação unitária muito versátil, onde as características das farinhas extrusadas dependem da natureza da matéria-prima, teor de umidade, geometrias da rosca, do cilindro e da matriz, velocidade de alimentação e tamanho de partículas (Harper, 1979).

II. MATERIAL E MÉTODOS

1. MATERIAL

1.1. Matéria-prima

Para a realização deste trabalho, foram utilizadas amostras de sorgo das cultivares CMSXS 145 e CMSXS 9A, ambos de endosperma branco, fornecidas pelo Centro Nacional de Milho e Sorgo da Embrapa (Sete Lagoas, M.G.) e farinha de milho "nixtamalizada" marca "Minsa" comercializada no México.

1.2. Reagentes.

A pureza dos reagentes usados para as análises químicas está de acordo com as especificações exigidas pelos métodos de análises.

1.3. Aparelhos e equipamentos

Além dos equipamentos de uso comum no laboratório, foram também usados os seguintes :

- Moinho de rolos, marca Brabender, modelo Quadromatic Senior. Brabender OHG Duisburg Germany.
- Moinho de facas, marca Tigre, tipo CV2, Potência 0,75 C.V., 3800 rpm. São Paulo. SP. Brasil
- Extrusor de laboratório marca Brabender, modelo

- GNF 1014/2, tipo rosca sem fim única, com camisa ranhurada, e parafuso de 38 cm de comprimento. 1,9cm de diâmetro e taxa de compressão 1:1 acoplado ao motor com registrador Do-Corder
- Misturador tipo planetário P800, marca Brabender modelo 826801
 - Estufas com circulação forçada de ar, marca Fanen modelo 320/2 e 330
 - Viscoamilógrafo, marca Brabender, tipo 801300
 - Centrífuga, marca Fanen, modelo 204-Nr, potência 0,8 Kw
 - Digestor e destilador para análise de proteínas
 - Beneficiadora de arroz da Kepler Weber
 - Vibrador para peneiragem marca Produtest
 - Analisador de aminoácidos, marca Beckman, modelo 11 CL
 - Espectrofotômetro Filterbarbmessgerat RFC-3. Computer HP2100A. Hewlett Packard com disco 7900A e lâmpada de xenon XBO 250 W
 - Fotofluorômetro Coleman
 - Extrator de gordura "Goldfish" Labconco
 - Instron Universal Testing Machine
 - Colorímetro de reflectância HunterLab D25

2. MÉTODOS DE CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA E PRODUTOS OBTIDOS

Neste item são descritos os testes utilizados na

caracterização da matéria-prima e dos produtos obtidos nos diferentes processos.

2.1. Teste de álcali

O teste de álcali foi realizado de acordo com a metodologia descrita por Khan *et al.*, (1980). Cinco grãos de sorgo foram colocados em um tubo de ensaio contendo 2,0 ml de NaOH 12 N a 60°C. Após 2 horas nestas condições, a cor desenvolvida pelos grãos foi avaliada visualmente através da seguinte escala :

<u>Cor</u>	<u>Escala</u>
branco creme ou amarelo creme	1
amarelo	2
marrom	3
vermelho	4
púrpura	5

2.2. Presença de testa

Um tubo de ensaio contendo 1 grama de sorgo integral e 10 a 15 ml de uma solução de KOH (20%) contendo 6% de NaOCl, foi colocado em banho-maria a 60°C. Após 15 minutos os grãos foram separados, lavados com água fria e secos. Grãos que apresentam testa desenvolvem uma coloração preta e aqueles que apresentam sua cor original (Kofoid *et al.*, 1978).

2.3. Textura do endosperma

A textura do endosperma foi avaliada segundo o método de Kapasi-kakama (1977). Grãos de sorgo, cortados transversalmente, foram utilizados para avaliar visualmente a proporção de endosperma córneo ou farináceo. Foram atribuídos valores de 1 a 5 conforme mostrado abaixo :

<u>Proporção</u>		<u>Valor</u>
<u>farináceo</u>	<u>córneo</u>	
%	%	
100	0	1
75	25	2
50	50	3
25	75	4
0	100	5

A média dos valores de 25 grãos foi usada para classificar as amostras quanto a dureza do endosperma como córneo ou vítreo, intermediário e farináceo.

<u>Classificação</u>	<u>Média dos valores</u>
Córneo	4 a 5
Intermediário	2,5 a 3,9
Farináceo	< 2,5

2.4. Espessura do pericarpo

Foi determinada de acordo com a metodologia de Kapasi-kakama (1977). A determinação foi realizada visualmente, através da aparência dos grãos. Os grãos com pericarpo de cor pérola foram classificados como de pericarpo fino, enquanto os de pericarpo grosso apresentaram uma aparência de giz.

2.5. Dimensões e peso dos grãos

Uma amostra de 8 kg foi dividida sucessivamente, em uma unidade divisora Boerner, até se obter amostras de 1kg. De cada amostra foram tomados 10g, perfazendo um total de 60g. O peso de 1000 grãos foi determinado com grãos apanhados ao acaso. As dimensões (largura e comprimento) foram determinados com auxílio de um paquímetro. Para estas medidas foram utilizados 100 grãos.

2.6. Densidade dos grãos

A determinação da densidade dos grãos foi realizada com uma amostra de 2kg, que foi colocada em recipiente de volume e peso conhecidos. O recipiente contendo a amostra foi novamente pesado e, por diferença de peso, a densidade foi determinada e expressa em g/cm^3 .

2.7. Índice de dureza

Foi medido no equipamento Brabender PME Digital Komparator. O aparelho é constituído basicamente de um moinho com abertura ajustável, uma balança, um cronómetro e um termómetro. Inicialmente o aparelho foi ligado e o zero da balança ajustado. A seguir foram pesados 6g de amostra na balança e realizada a leitura do tempo em segundos necessário para moer 4g de amostra. Quanto maior este tempo menos duro é o grão.

2.8. Índices de absorção de água (IAA) e de solubilidade em água (ISA)

Os índices de absorção e solubilidade em água das amostras foram determinados empregando-se a metodologia descrita por Anderson *et al.*, (1969a). Uma amostra de 2,5g (tamanho de partícula inferior a 150 μ) foi suspensa em 30ml de água destilada, em um tubo de centrifuga de 50 ml previamente tarado. A suspensão foi mantida a 30°C por 30 minutos, sendo submetida à agitação intermitente durante este período. Em seguida, a suspensão foi centrifugada a 3000 x g durante 10 minutos. Após a retirada do sobrenadante foi determinado o peso do resíduo sólido. O sobrenadante foi evaporado em estufa a 105°C até peso constante.

O índice de absorção de água foi calculado através da equação :

$$IAA = \frac{\text{peso do resíduo de centrifugação}}{\text{peso seco da amostra} - \text{peso do resíduo de evaporação}}$$

O índice de solubilidade em água foi expresso como a relação entre o peso do resíduo de evaporação e o peso seco da amostra.

2.9. Determinação da cor

A determinação da cor das farinhas de sorgo foi realizada utilizando o colorímetro de reflectância HunterLab D25. Nesse aparelho os valores de luminosidade "L" variam de zero (preto) a 100 (branco); "+a" (até +100) correspondente ao vermelho; "-a" (até - 80) correspondente ao verde; "+b" (até +70) correspondente ao amarelo e "-b" (até -100) correspondente ao azul. Para determinação da cor das farinhas extrudadas de sorgo e suas misturas com farinha "nixtamalizada" de milho, e das "tortillas", foi usado o espectrofotômetro Filterfarbmessgerät RFC-3 calibrado previamente com sulfato de bário ($BaSO_4$).

A determinação da porcentagem de reflectância foi realizada na faixa do espectro visível (400 a 700nm). As determinações da tonalidade e da cor apresentadas pelas amostras foram localizadas no diagrama de cromaticidade da Comissão Internacional de Iluminação (Figura 1) usando os valores das coordenadas de cromaticidade K_x e K_y . A diferença total na cor (DE) foi calculada de acordo com a fórmula de Adams/Nickerson/Stults, DIN 5033 (Zeiss, 1972) :

$$DE = \sqrt{DAC^2 + DAL}$$

DAC : Diferença de cromaticidade

DAL : Diferença de luminosidade

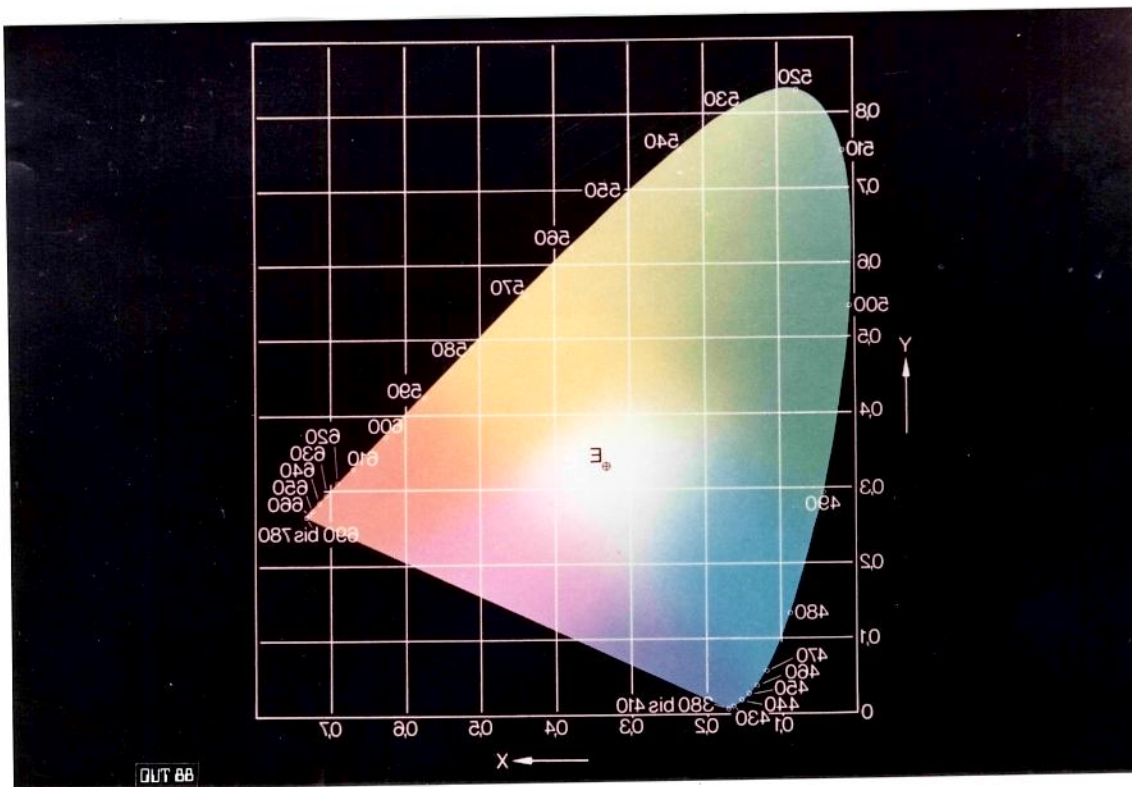


FIGURA 1. Diagrama de cromaticidade da Comissão Internacional de Iluminação.

2.10. Distribuição de tamanho de partículas

A distribuição por tamanho de partícula das várias farinhas de sorgo foi determinada no aparelho Produtest, equipado com 6 peneiras vibratórias com aberturas de 0,420, 0,297, 0,210, 0,177, 0,149 e 0,125mm, respectivamente. Foram usadas amostras de 100 g e intensidade de vibração máxima (correspondente a um valor de 10) por um tempo de 10 minutos. As amostras retidas nas várias peneiras foram pesadas e os resultados obtidos expressos em porcentagem.

2.11. Determinação de pH

A determinação de pH foi realizada de acordo com o método 02-52 da AACC (1976). Uma amostra de 10g de farinha foi colocada em um becker contendo 100 ml de água à temperatura ambiente. A água utilizada para dispersar a farinha foi previamente fervida. A mistura foi agitada vigorosamente e deixada em repouso durante 20 minutos a 25°C, agitando-se a cada 5 minutos. O pH foi determinado após prévia calibração do aparelho com soluções tampão à pH 4,0 e 7,0.

2.12. Determinação da viscosidade

A determinação de viscosidade das farinhas em suspensão aquosa foi realizada no viscoamilógrafo Brabender (Tripples, 1980). À uma amostra de 45 gramas (base 14% de umidade) foram adicionados

400ml de água destilada. Esta dispersão foi agitada para homogeneização e colocada no recipiente do viscoamilógrafo. O resíduo da dispersão remanescente foi lavado com 50ml de água destilada. O aparelho foi ligado a temperatura inicial de 25°C, e aquecido 1,5°C/minuto, até a temperatura de 95°C, permanecendo nessa temperatura durante 20 minutos. A seguir, foi ligado o ciclo de resfriamento, com diminuição de temperatura de 1,5°C por minuto, até a temperatura final de 50°C. O teste foi programado à rotação constante de 75 rpm. As medidas utilizadas para interpretar o amilograma foram:

- i. Temperatura inicial da pasta (TP) : é a temperatura, em °C, calculada com base no tempo de funcionamento do viscoamilógrafo (1,5°C/min), correspondente ao ponto onde se inicia o aumento da viscosidade durante o ciclo de aquecimento.
- ii. Viscosidade máxima (VMD) : é o valor da viscosidade máxima da curva em Unidades Amilográficas (U.A.), durante o ciclo de aquecimento.
- iii. Viscosidade mínima durante o ciclo de temperatura constante (V_{20}) : é o valor da viscosidade mínima em U.A., alcançado durante o período de 20 minutos a 95°C.
- iv. Viscosidade final a 50°C (VF) : é o valor da viscosidade em U.A., ao final do ciclo de resfriamento, correspondente a temperatura de 50°C.

2.13. Umidade

O método 44-15A da AACC (1976) foi utilizado para determinação da umidade das farinhas. Para os grãos macerados usou-se o método 44-18 da AACC (1976) o qual usa secagem em dois estágios.

2.14. Proteína

O teor de proteína foi calculado através da determinação de nitrogênio pelo método Kjeldahl, método 46-10 da AACC (1976), aplicando-se o fator 6,25 para conversão da porcentagem de nitrogênio em proteína.

2.15. Lipídeos

O método de Bligh & Dyer (1959) foi utilizado para a determinação de lipídeos.

2.16. Cinza

O teor de cinza foi determinado através da calcinação das amostras à 600°C, de acordo com o método 08-03 da AACC (1976).

2.17. Fibra

Utilizou-se o método 7.05 A da AOAC (1975).

2.18. Amido

Foi determinado segundo o método 76-10 da AACC (1976).

2.19 Taninos

O teor de taninos foi determinado segundo o método de Vanilina-ácido clorídrico, como descrito por Maxson et al (1971).

2.20. Fenóis

O conteúdo de fenóis foi determinado através do Azul da Prússia de acordo com o método descrito por Price & Butler (1977).

2.21. Determinação de aminoácidos

Todos os aminoácidos, com exceção do triptofano, foram determinados com um analisador de aminoácidos, segundo o método de Moore et al (1958).

Uma amostra contendo aproximadamente 20 mg de proteína, foi hidrolizada com ácido clorídrico 6N (aproximadamente 40ml) em tubos com tampa de rosca de teflon, em estufa a 110°C, durante 22 horas. O hidrolizado resfriado e filtrado teve seu volume completado a 100 ml com água destilada. Deste filtrado, foram tomadas alíquotas de 20ml, que foram secas em evaporador rotativo a 55°C. O resíduo da evaporação foi lavado com água destilada (3 vezes com 10ml de água), dissolvido em 5ml de tampão (citrato de

sódio pH 2,2) e filtrado novamente. Uma alíquota de 100µl foi injetada no analisador de aminoácidos.

O triptofano foi determinado pelo método colorimétrico de Raman Dao *et al* (1974), modificado por Mondragon *et al* (1982). A absorbância foi lida a 590 nm, e o conteúdo de triptofano calculado a partir de uma curva de calibração.

2.22. Vitaminas

Foram utilizados os métodos da AACC (1976), n^o 86-80, 86-70 e 86-50 para tiamina, riboflavina e niacina respectivamente.

2.23. Minerais

Os métodos 40-40, 40-20 e 40-55 da AACC (1976) foram utilizados para a determinação de ferro, cálcio e fósforo, respectivamente.

3. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

3.1. Obtenção de farinhas de sorgo integral

As farinhas de sorgo integral foram obtidas, a partir das cultivares CMSXS 145 e CMSXS 9A. As amostras de sorgo foram primeiramente moídas em moinho de facas (usando uma peneira com uma abertura de 3mm). e, a seguir, passadas no sistema de rolos de quebra e de redução do moinho de rolos Brabender.

3.2. Obtenção de farinhas de sorgo decorticado

Para a obtenção de farinhas de sorgo decorticado as amostras das 2 cultivares de sorgo, foram previamente decorticadas em beneficiadora de arroz e a seguir submetidas a moagem em moinho de rolos Brabender.

3.2.1. Decorticação

Amostras de 100 g de cada um das cultivares de sorgo foram submetidas ao sistema de brunimento durante os tempos de 1, 2, 3, e 4 minutos. Após estes períodos, o cone de carborundo, colocado a cerca de 6mm das borrachas, foi levantado, deixando passar o material decorticado. Os finos e as partículas que passaram através das peneiras do sistema de decorticação foram denominados de farelo.

3.2.2. Moagem dos grãos decorticados

A farinha de sorgo decorticado foi obtida pela passagem do material decorticado através do sistema de quebra e redução do moinho de rolos Brabender.

3.3. Obtenção das farinhas de sorgo decorticado condicionado a diferentes níveis de umidade

Com base nas análises de taninos, fenóis, composição

centesimal e rendimento das farinhas obtidas com os cultivares de sorgo decorticado, foi estabelecido o tempo de 1 minuto de decorticação para as 2 cultivares em estudo.

3.3.1. Condicionamento dos grãos decorticados

As amostras de sorgo decorticadas por 1 minuto foram condicionadas para umidades de 15, 17, e 19%. A quantidade de água a ser adicionada em cada caso, foi calculada pela fórmula seguinte :

$$\begin{array}{l} \text{Quantidade} \\ \text{de água} \end{array} = C \frac{100 - \% \text{ de umidade do material}}{100 - \% \text{ de umidade desejada}} - 1 \text{)x peso do material}$$

Após a adição da água, as amostras foram agitadas vigorosamente para homogeneização da umidade e deixadas em repouso durante 18 horas a temperatura ambiente em recipiente hermético. A umidade final do sorgo após condicionamento foi determinada conforme descrito em 2.13.

3.3.2. Moagem e fracionamento

O sorgo decorticado e condicionado a 15, 17, e 19% de umidade, foi moído no sistema de quebra e redução do moinho de rolos Brabender. As amostras obtidas na moagem foram, a seguir, classificadas de acordo com o tamanho de suas partículas, no aparelho Produtest, usando peneiras com aberturas de 0,590, 0,420, e 0,297 mm.

3.4. Obtenção de farinhas instantâneas de sorgo.

As farinhas de sorgo instantâneas foram obtidas pelo processo de extrusão. Foram utilizadas 3 amostras de cada cultivar em estudo, como descritas abaixo :

- a). farinha de sorgo integral.
- b). farinha de sorgo decorticado por 1 minuto.
- c). farinha de sorgo decorticado por 1 minuto e condicionado a 15% de umidade e com frações menores que 0,420mm

3.4.1. Condicionamento da farinha

As amostras das farinhas foram condicionadas a teores de umidade de 15, 18 e 20%, pela aspersão de solução de hidróxido de cálcio (0,15% em relação ao peso da farinha). Durante a aspersão a mistura foi revolvida em um misturador planetário Brabender. As farinhas condicionadas foram coletadas em sacos plásticos e deixadas por 2 horas à temperatura ambiente, a fim de promover maior uniformização da umidade.

3.4.2. Extrusão

Os ensaios de extrusão foram feitos em um extrusor de laboratório marca Brabender, do tipo rosca sem fim única, com camisa ranhurada, usando-se parafuso de 38 cm de comprimento. A camisa do extrusor foi aquecida mediante resistência elétrica, até

serem atingidas as temperaturas pré-determinadas nas 3 zonas; as 2 primeiras zonas aquecem a rosca e a terceira zona aquece a região da matriz. O controle dessas temperaturas foi feito por circulação de ar comprimido na camisa e por circulação de água fria na zona de alimentação. A alimentação da farinha no extrusor foi feita com o alimentador Brabender com velocidade variável, de modo a se obter um fluxo constante de 70 g/min.

Com a finalidade de se obter as melhores condições de se preparar as farinhas de sorgo, foram realizados uma série de testes preliminares variando as concentrações de álcali no condicionamento da farinha e as condições de extrusão (temperatura, diâmetro da matriz, taxa de compressão da rosca e velocidade da rosca). As farinhas obtidas foram avaliadas subjetivamente, com base na facilidade de preparação da massa e elaboração de "tortillas".

Em todos os ensaios realizados, foram fixadas as seguintes variáveis do processo de extrusão :

- a)-temperaturas da 1^a, 2^a e 3^a zonas, 80, 100, 100°C, respectivamente
- b)-matriz com fundo cilíndrico de 5mm de diâmetro.
- c)-concentração de Ca(OH)_2 : 0,15% baseado no peso seco da farinha.
- d)-taxa de compressão 1 : 1.

3.4.3. Secagem dos produtos extrusados

As amostras extrusadas foram secas em estufa com circulação

forçada de ar, à temperatura de 40 - 45°C, por cerca de 3 horas.

3.4.4. Moagem dos produtos extrusados.

As amostras extrusadas e secas foram moidas inicialmente em moinho de facas com chapa perfurada de abertura de 3 mm de diâmetro e, a seguir, nas seções de quebra e redução do moinho Brabender.

3.5. Tratamentos

Foram experimentados 27 tratamentos com 3 repetições para as 2 cultivares 9A e 145, além de um tratamento referência (farinha de milho) representados da seguinte maneira :

Tratamento	Amostra de sorgo	Umidade (%)	Rotação da rosca (rpm)
1	integral	15	130
2	"	"	150
3	"	"	170
4	"	18	130
5	"	"	150
6	"	"	170

Tratamento	Amostra de sorgo	Umidade (%)	Rotação da rosca (rpm)
7	"	20	130
8	"	"	150
9	"	"	170
10	decorticado 1 min	15	130
11	"	"	150
12	"	"	170
13	"	18	130
14	"	"	150
15	"	"	170
16	"	20	130
17	"	"	150
18	"	"	170
19	decorticado 1 min <0,42 mm	15	130
20	"	"	150
21	"	"	170
22	"	18	130
23	"	"	150
24	"	"	170
25	"	20	130
26	"	"	150
27	"	"	170

No estudo da influência dos parâmetros de extrusão foram utilizadas as seguintes variáveis de resposta : Índice de absorção de água e Índice de solubilidade em água, Cor (L,a,b); Temperatura de pasta, Viscosidade máxima, Viscosidade mínima durante 20 minutos a temperatura constante de 95°C e Viscosidade final a 50°C. Estas variáveis foram transformadas em componentes principais, e a aquele componente principal, responsável pela maior explicação da variação total, aplicou-se a análise de variância. Utilizou-se o teste de Tukey, ao nível da significância de 5%, para a comparação múltipla das médias.

A técnica de componentes principais consiste na determinação de novas variáveis Y_1, Y_2, \dots, Y_p , independentes entre si, denominadas componentes principais, que são combinações lineares das p variáveis originais X_1, X_2, \dots, X_p .

O j -ésimo componente principal é a combinação linear

$$Y_j = a_{1j} X_1 + a_{2j} X_2 + \dots + a_{pj} X_p.$$

onde os coeficientes são os elementos do vetor característico da matriz de variâncias e covariâncias amostral $\hat{\Sigma}$ correspondente a j -ésimo maior raiz característica λ_j (Pimentel Gomes, 1984).

3.6. Elaboração de "tortillas"

As farinhas de sorgo selecionadas durante o processo de extrusão, foram misturadas com farinha de milho "nixtamalizada" em proporções de 10, 20, 30, 40, e 50%. Estas misturas foram posteriormente amassadas manualmente com água até se obter uma

consistência apropriada para corte. Porções de aproximadamente 25g foram amassadas manualmente e posteriormente modeladas com uma amassadora comercial em forma de disco de aproximadamente 12 cm de diâmetro e 1 mm de espessura. As "tortillas" foram cozidas em ambos os lados, em uma chapa de ferro de 15 cm de diâmetro e 1 mm de espessura, a uma temperatura aproximada de 180°C durante 3 minutos.

3.6.1. Avaliação sensorial das "tortillas"

As "tortillas" nos tratamentos A, B, C, D, E, F e R, respectivamente com 0, 10, 20, 30, 40, 50 e 100% de milho, foram submetidas à avaliação sensorial com relação a cor, odor, sabor e textura. Estes testes foram realizados por uma equipe de 10 provadores previamente treinados. Os testes de odor, sabor e textura, foram realizados em duas seções, a seção I de manhã e a II de tarde, em cabines individuais sob luz vermelha para minimizar possíveis diferenças de cor.

Na preparação das amostras para apresentação aos provadores as "tortillas" foram cortadas pela metade. Estas amostras foram colocadas em pratos pretos devidamente codificados para a avaliação sensorial, obedecendo a um delineamento experimental de blocos incompletos com amostra referência em cada bloco (Gacula, 1978), cujo esquema é apresentado na Figura 2. A escala usada foi a não estruturada de 9 pontos. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância paramétrica e complementada com o teste bicaudal de Dunnett, ao nível de significância de 5% de

probabilidade para a comparação da média ajustada do tratamento referência (R) com as médias ajustadas dos tratamentos.

3.6.2. Textura das "tortillas"

A textura das "tortillas" foi determinada no Instron Universal utilizando um cabeçote de 50 Kg-f. A força necessária para provocar a ruptura do produto foi obtida no graficador do aparelho e as áreas dos gráficos foram expressas em Newtons.

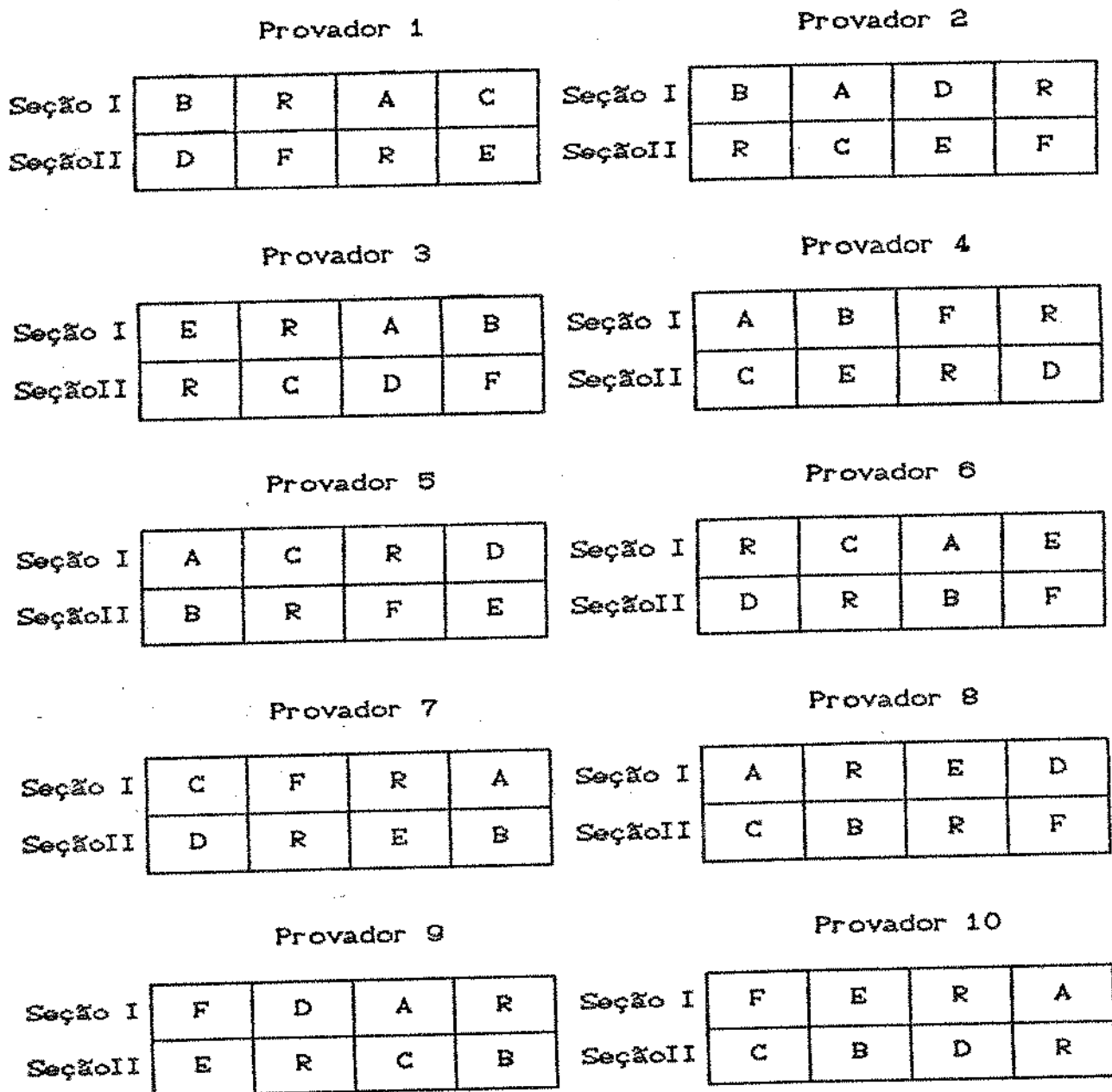


FIGURA 2 Delineamento experimental de blocos incompletos com amostra referência em cada bloco para a avaliação sensorial da "tortilla".

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

A Tabela 1 mostra o teste de álcali e algumas características estruturais dos grãos de sorgo das cultivares 9A e 145. A coloração creme observada no teste de álcali correspondeu ao valor 1 da escala desenvolvida por Khan *et al* (1980). Este valor indica que os cultivares estudadas possuem potencial para serem usados na elaboração de "tortillas" e de outros produtos de pH elevado. O teste apresenta correlação significativa ($r = 0,70$) em relação aos valores da cor de "tortillas" produzidas com sorgos selecionados da coleção mundial (Khan *et al*, 1980).

O teste de branqueamento mostrou ausência de testa nas 2 cultivares, o que segundo Maxson & Clark (1972) indica a ausência de taninos. A presença de taninos em altos níveis é prejudicial a animais ruminantes e monogástricos (Armstrong *et al*. 1974; Chang & Fuller, 1984; Schaffert *et al*. 1977).

A forma ovalada e cor branca foi observada pela análise visual dos grãos de sorgo nas duas cultivares em estudo. No caso do cultivar 9A, o pericarpo apresentou-se ligeiramente pigmentado. O aspecto interno e externo indicou que os dois cultivares apresentam pericarpo grosso o que, segundo Kapasi-kakama (1977), é uma indicação de obtenção de melhores rendimentos durante a decorticação, em relação a grãos de sorgo com pericarpo fino.

As cultivares 9A e 145 apresentaram uma textura intermediária (50% vítreo e 50% farináceo) correspondente a um

TABELA 1

Teste de álcali e algumas características estruturais da matéria-prima.

Característica	Cultivar	
	9A	145
Teste de álcali	1	1
Testa	ausente	ausente
Espessura do pericarpo	grossa	grossa
Textura do endosperma	3	3

valor de 3 na classificação elaborada por Kapasi-kakama (1977). De acordo com este e outros autores (Maxson et al, 1971), sorgos com textura de endosperma vítreo ou intermediário apresentam melhores rendimentos em farinha em relação àqueles com textura de endosperma farináceo. Outros autores (Rooney & Sullins, 1977) observaram que as propriedades de moagem seca do sorgo estão positivamente correlacionadas aos grãos com textura mais vítrea, devido a maior facilidade de separação do endosperma da casca.

A Tabela 2 mostra as características físicas das cultivares de sorgo 9A e 145. De uma maneira geral, as dimensões, peso de 1000 grãos, densidade, e índice de dureza, foram semelhantes para as 2 cultivares analisadas.

As cultivares 9A e 145 apresentaram largura e comprimento semelhantes, variando entre 3,30 e 4,70 mm. De acordo com Kirleis & Crosby (1981) o rendimento em grãos inteiros na decorticação está diretamente relacionado com um maior tamanho do grão. Estes resultados foram, entretanto, contestados por Wills & Ali (1983) que encontraram maiores rendimentos para grãos menores (2,80mm).

O peso médio dos grãos em estudo foi de 30,91 mg e 30,35 mg para as cultivares 9A e 145, respectivamente. Estes resultados parecem interessantes, visto que Kapasi-kakama (1977) observou que os melhores rendimentos durante a decorticação foram obtidos com grãos com pesos maiores de 30 mg.

As densidades médias de 0,81 e 0,80 g/cm³ para as cultivares 9A e 145, respectivamente, correspondem a valores baixos, visto que a densidade do sorgo normalmente se encontra na faixa de 1,24 a 1,40 g/cm³ (Maxson et al, 1971).

TABELA 2

Características físicas do grão de sorgo integral; cultivares 9A e 145

Características	Valores					
	mín.		média		máx.	
	9A	145	9A	145	9A	145
Largura (mm)	3,30	3,30	4,15	3,35	5,00	3,40
Comprimento (mm)	3,60	3,60	4,15	4,10	4,70	4,60
Peso de 1.000 grãos (g)	28,91	28,14	30,91	30,25	32,91	32,36
Densidade de grãos (g/cm ³)	0,81	0,80	0,81	0,80	0,81	0,80
Índice de dureza (segundos)	42,02	41,40	43,12	42,29	44,22	43,18

As duas cultivares em estudo apresentaram dureza alta, ligeiramente maior para a acultivar 9A (43,12 segundos) do que para a 145 (42,29 segundos) mas ambas dentro de valores encontrados na literatura (Martínez, 1984).

A composição química é apresentada na Tabela 3. De uma forma geral a composição química das duas cultivares foi semelhante. O teor de proteína de ambos foi maior que a média encontrada por Jambunathan (1980) que era de 14,0%.

Os teores de lipídeo, fibra, cinza e amido podem ser considerados normais pois estão dentro da faixa encontrada normalmente em diferentes cultivares de sorgo (Hahn, 1969; Jambunathan, 1980).

2. MOAGEM DO SORGO

2.1. Decorticação

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos na decorticação do sorgo em diferentes tempos. Pode ser observado que um aumento no tempo de decorticação provocou uma diminuição no rendimento em grãos decorticados, devido ao acréscimo na quantidade de farelo removido. O decréscimo no rendimento em grãos decorticados em função do aumento do tempo de decorticação foi mais pronunciado para o cultivar 9A que para a 145. Estes resultados obtidos são similares aos reportados por outros autores (Desikachar, 1981; Johnson *et al.*, 1980; Raghavendra Rao & Desikachar, 1964; Virakthamath *et al.*, 1971; Ciacco, 1984; Guerra, 1983).

TABELA 3

Composição química¹ do grão de sorgo integral; cultivares 9A e 145.

Componente	Cultivar	
	9A	145
Proteína ² (%)	15,05	14,80
Lípideo (%)	5,07	4,77
Fibra (%)	2,00	2,01
Cinza (%)	1,66	1,96
Amido (%)	71,02	71,78

1. Resultados expressos na base seca.

2. $N \times 6,25$

TABELA 4

Efeito do tempo de decorticação no rendimento do grão decorticado e de farelo; cultivares 9A e 145.

Tempo de decorticação (minutos)	Cultivar			
	9A		145	
	grão		grão	
	decorticado	farelo	decorticado	farelo
	(%)	(%)	(%)	(%)
1	80,59 a ¹	20,08	79,36 a	19,63a
2	66,24 b	33,76 b	73,95 b	24,70 b
3	61,00 c	38,99 c	71,05 c	27,94 c
4	58,04 d	41,95 d	65,90 d	33,10 d
D.M.S. (5%) ²	3,75	3,07	2,59	2,36

1 : As médias acompanhadas da mesma letra na vertical não diferem significativamente entre si. Teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade

2 : Diferença mínima significativa do teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade.

2.1.1. Efeito do tempo de decorticação no conteúdo de taninos e fenóis

As Tabelas 5 e 6 apresentam os conteúdos de taninos e fenóis dos grãos decorticados e dos farelos, respectivamente, para os cultivares em estudo. De uma maneira geral os teores de taninos e fenóis das 2 cultivares foram inferiores aos limites máximos aceitos para sorgos selecionados para consumo humano. Segundo Iruegas *et al* (1981) estes limites máximos são de 0,40 mg de ácido tânico/g, para compostos fenólicos e de 0,05 equivalentes de catequina/g, para taninos.

O grão integral da cultivar 9A apresentou maior teor de taninos e menor teor de fenóis do que o do 145. O tempo de residência de 1 minuto, na câmara do beneficiador de arroz foi suficiente para remoção dos taninos presentes nas 2 cultivares. A eliminação dos fenóis ocorreu para tempos de residência maiores que 1 minuto ou após remoção de 33,7% do farelo da cultivar 9A (Tabela 4). Não foi possível, por outro lado, eliminar os fenóis da cultivar 145 no tempo de residência máximo utilizado (4 min.). Acima de 2 minutos de decorticação não foram observadas variações significativas no conteúdo de fenóis do sorgo decorticado proveniente da cultivar 145. Estes resultados sugerem que os compostos fenólicos estejam distribuídos internamente no grão de sorgo. Os teores de taninos e fenóis observados no farelo em função do tempo de decorticação (Tabela 6), estão em concordância com os resultados da Tabela 5. Apenas os farelos da cultivar 145 apresentaram níveis crescentes de fenóis em função do tempo de

TABELA 5

Efeito do tempo de decorticação no conteúdo de taninos e fenóis dos grãos de sorgo; cultivares 9A e 145.

Tempo de decorticação (minutos)	Cultivar			
	9A		145	
	taninos ¹	fenóis ²	taninos	fenóis
0	0,049 a ³	0,333 a	0,041 a	0,396 a
1	0,000 b	0,241 b	0,000 b	0,371 b
2	0,000 b	0,000 c	0,000 b	0,278 c
3	0,000 b	0,000 c	0,000 b	0,212 d
4	0,000 b	0,000 c	0,000 b	0,212 d
D.M.S. (5%) ⁴	0,002	0,004	0,001	0,008

1 : Equivalentes de catequina/g de amostra. base seca.

2 : mg de ácido tânico/g de amostra. base seca.

a : As médias acompanhadas da mesma letra na vertical não diferem significativamente entre si. Teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade

4 : Diferença mínima significativa do teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade.

TABELA 6

Efeito do tempo de decorticação no conteúdo de taninos e fenóis dos farelos de sorgo; cultivares 9A e 145.

Tempo de decorticação (minutos)	Cultivar			
	9A		145	
	taninos ¹	fenóis ²	taninos	fenóis
1	0,049 a ³	0,002 a	0,041 a	0,025 a
2	0,049 a	0,333 b	0,041 a	0,117 b
3	0,049 a	0,333 b	0,041 a	0,184 c
4	0,049 a	0,333 b	0,041 a	0,183 c
D.M.S. (5%) ⁴	0,006	0,004	0,004	0,004

1 : Equivalentes de catequina/g de amostra. Base seca.

2 : mg de ácido tânico/g de amostra. Base seca.

3 : As médias acompanhadas da mesma letra na vertical não diferem significativamente entre si. Teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade

4 : Diferença mínima significativa do teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade.

decorticação. Os resultados obtidos indicaram que o tempo de decorticação de 1 minuto, para ambos cultivares, foi adequado em termos de taninos e fenóis para produção de farinhas apropriadas a elaboração de "tortillas". Diversos autores (Bedolla, 1982; Choto *et al.*, 1985; Iruegas *et al.*, 1981; Khan *et al.*, 1980; Martínez, 1984; Ramírez, 1984; Silva, 1983) elaboraram "tortillas" de boas características sensoriais utilizando tanto sorgos coloridos decorticados eficientemente como sorgos brancos não pigmentados. Entretanto, as farinhas obtidas por moagem seca de sorgos vermelhos, marrons e brancos pigmentados, produzem "tortillas" de cores indesejáveis, como resultado de uma reação complexa entre polifenóis e Alkali (Hulse *et al.*, 1980).

2.1.2. Efeito do tempo de decorticação na cor do grão

As Tabelas 7 e 8 apresentam o efeito do tempo de decorticação na cor dos grãos e farelo dos 2 cultivares em estudo. Os grãos integrais de ambas cultivares apresentaram os maiores valores de a^+ e b^+ em relação aos grãos decorticados, o que indicou uma cor mais escura no grão integral em relação aos grãos decorticados. O aumento no tempo de decorticação provocou uma melhoria na cor do produto, tornando-o mais branco. No caso do cultivar 9A os melhores valores foram observados com um tempo de decorticação de 2 minutos, o que concorda com os resultados obtidos na determinação de taninos e fenóis presentes nos grãos. No caso do cultivar 145 notou-se um aumento progressivo nos valores de L^+ com o aumento do tempo de decorticação, indicando

TABELA 7

Efeito do tempo de decorticação na cor¹ das farinhas do grão de sorgo; cultivares 9A e 145.

Tempo de decorticação (minutos)	Cultivar					
	9A			145		
	L	a	b	L	a	b
0	78,20 a ²	3,68 a	14,48 a	76,81 a	4,16 a	14,34 a
1	84,80 b	1,27 b	13,23 b	84,25 b	1,84 b	12,79 b
2	88,15 c	1,27 b	10,00 c	85,99 c	1,58 c	12,41 c
3	87,35 d	1,60 c	12,49 d	86,43 d	1,11 d	12,95 d
4	87,91 e	0,54 d	12,63 e	87,42 e	1,14 d	13,59 e
D.M.S. (5%) ³	0,07	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04

1 : determinada com o colorímetro Hunter-Lab.

2 : As médias acompanhadas da mesma letra na vertical não diferem significativamente entre si. Teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade

3 : Diferença mínima significativa do teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade.

TABELA 8

Efeito do tempo de decorticação na cor¹ do farelo de sorgo; cultivares 9A e 145.

Tempo de decorticação (minutos)	Cultivar					
	9A			145		
	L	a	b	L	a	b
1	73,08 a ²	5,37 a	16,91 a	73,01 a	5,15 a	16,08 a
2	75,97 b	4,18 b	15,81 b	72,46 b	5,45 b	16,23 b
3	75,32 c	4,35 c	16,09 c	73,41 c	5,06 c	14,85 c
4	76,08 d	3,28 d	15,92 d	76,14 d	4,28 d	14,05 d
D.M.S. (5%) ^a	0,27	0,07	0,08	0,02	0,07	0,06

1 : determinada com o colorímetro Hunter-Lab.

2 : As médias acompanhadas da mesma letra na vertical não diferem significativamente entre si. Teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade

a : Diferença mínima significativa do teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade.

uma progressiva mas não completa, remoção dos fenóis nos tempos de decorticação testados. Os valores de L^+ (branco) para os farelos (Tabela 8) de ambos cultivares foram muito menores em relação aos dos grãos decorticados. Isto pode ser explicado pelos altos teores de taninos e fenóis presentes nestas frações.

Os resultados obtidos na determinação da cor dos grãos integrais e decorticados, concordam com os resultados reportados por Guerra (1983).

2.1.3. Efeito do tempo de decorticação na composição química do grão.

A composição química das cultivares 9A e 145 estão apresentadas nas Tabelas 9 e 10. O teor de proteína de 15,05% para o cultivar 9A e de 14,90% para o cultivar 145, foi maior do que a média de 14,0% reportada por diversos autores (Jambunathan, 1980; Martínez, 1984; Silva, 1983).

Os teores de lipídeo, fibra, cinza e amido dos 2 cultivares se encontram dentro de valores citados na literatura (Anderson et al, 1969c; Hahn, 1969; Jambunathan, 1980).

O aumento no tempo de decorticação dos grãos provocou uma diminuição gradativa nos teores de proteína, lipídeo, fibra e cinza, indicando que a concentração destes componentes decresce da periferia para o interior do grão. Por outro lado, o teor de amido aumentou com o aumento do tempo de decorticação. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por outros pesquisadores (Ciacco, 1984; Normand et al, 1965; Rooney et al, 1972; Chibber et al,

TABELA 9

Efeito do tempo de decorticação na composição química¹ do grão de sorgo cultivar 9A.

Tempo de decorticação (minutos)	Umidade (%)	Proteína ² (%)	Lípideos (%)	Fibra (%)	Cinza (%)	Amido (%)
0	12,23 a ³	15,05 a	5,07 a	2,00 a	1,66 a	71,02 a
1	12,19 a	11,28 b	1,92 b	0,35 b	0,81 b	80,64 b
2	12,05 c	10,48 c	0,61 c	0,27 c	0,44 c	83,01 c
3	12,07 b	10,02 d	0,44 d	0,22 d	0,35 d	84,78 d
4	12,01 c	9,60 e	0,33 e	0,21 d	0,32 d	85,35 e
D. M. S. (5%) ⁴	0,04	0,05	0,06	0,03	0,05	0,05

1 : Resultados de proteína, lípideo, fibra, cinza e amido estão expressos na base seca.

2 : $N \times 6,25$.

3 : As médias acompanhadas da mesma letra na vertical não diferem significativamente entre si. Teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade

4 : Diferença mínima significativa do teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade.

TABELA 10

Efeito do tempo de decorticação na composição química¹ do grão de sorgo cultivar 145.

Tempo de decorticação (minutos)	Umidade (%)	Proteína ² (%)	Lipídeos (%)	Fibra (%)	Cinza (%)	Amido (%)
0	12,09 a	14,90 a	4,77 a	2,01 a	1,96 a	71,78 a
1	12,32 b	11,80 b	2,35 b	0,51 b	1,05 b	79,29 b
2	12,29 b	11,69 b	1,87 c	0,29 c	0,80 c	80,35 c
3	12,29 b	11,59 c	1,60 d	0,26 c	0,64 d	80,91 d
4	12,30 b	11,13 d	1,03 e	0,20 d	0,52 e	82,11 e
D. M. S. (5%)	0,03	0,50	0,21	0,04	0,03	0,50

1 : Resultados de proteína, lipídeo, fibra, cinza e amido estão expressos na base seca.

2 : $N \times 6,25$.

a : As médias acompanhadas da mesma letra na vertical não diferem significativamente entre si. Teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade

4 : Diferença mínima significativa do teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade.

1978; Guerra, 1983; Hahn, 1969).

3. EFEITO DA UMIDADE DE CONDICIONAMENTO DO SORGO DECORTICADO NO RENDIMENTO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS FRAÇÕES OBTIDAS NA MOAGEM

Para avaliar o efeito da umidade de condicionamento no rendimento e composição química das frações de moagem foi usado o grão decorticado com o tempo de 1 minuto.

3.1. Rendimento das frações

As Tabelas 11 e 12 mostram o efeito do condicionamento do sorgo, a vários níveis de umidade, no rendimento das frações de moagem. Os rendimentos das frações com tamanhos de partículas menores que 0,297 mm, diminuíram com a elevação do teor de umidade de condicionamento, provocando conseqüentemente um aumento no rendimento das demais frações, notadamente à umidade de 19%.

3.2. Composição química das frações

As Tabelas 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20 apresentam o efeito da umidade de condicionamento nos teores de proteína, lipídeo, fibra e cinza das frações de moagem. A diminuição do tamanho de partículas provocou um decréscimo no teor destes componentes para ambos os cultivares, independente da umidade de condicionamento.

De acordo com os resultados foram selecionadas as frações

TABELA 11

Efeito do condicionamento do sorgo cultivar 9A, com vários níveis de umidade, no rendimento das frações de diferente tamanho de partícula.

Rendimento %			
Tamanho de partículas (mm)	Umidade inicial do sorgo decorticado (%)		
	15,0 ± 0,5	17,0 ± 0,5	19,0 ± 0,5
> 0,590	1,00 a ¹	3,17 a	5,63 a
< 0,590 e > 0,420	9,66 b	10,15 b	24,17 b
< 0,420 e > 0,297	27,33 c	27,66 c	32,68 c
< 0,297	61,99 d	59,00 d	37,51 d
D. M. S. (5%) ²	0,06	0,06	0,03

¹ : As médias acompanhadas da mesma letra na vertical não diferem significativamente entre si. Teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade

² : Diferença mínima significativa do teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade.

TABELA 12

Efeito do condicionamento do sorgo cultivar 145, com vários níveis de umidadeã no rendimento das frações de diferente tamanho de partícula.

Tamanho de partículas (mm)	Rendimento (%)		
	Umidade inicial do sorgo decorticado (%)		
	15,0 ± 0,5	17,0 ± 0,5	19,0 ± 0,5
> 0,590	1,58 a ¹	5,01 a	7,64 a
< 0,590 e > 0,420	6,64 b	21,01 b	21,03 b
< 0,420 e > 0,297	27,90 c	48,97 c	53,04 c
< 0,297	63,86 d	25,00 d	18,07 d
D.M.S. (5%) ²	0,13	0,05	0,05

1 : As médias acompanhadas da mesma letra na vertical não diferem significativamente entre si. Teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade

2 : Diferença mínima significativa do teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade.

TABELA 13

Teor de proteína¹ das frações de sorgo, cultivar 9A, decorticado por 1 minuto e separadas de acordo com o tamanho de partícula.

Tamanho de partículas (mm)	Umidade inicial do sorgo decorticado (%)		
	15,0 ± 0,5	17,0 ± 0,5	19,0 ± 0,5
> 0,590	12,89 a ²	13,78 a	13,98 a
< 0,590 e > 0,420	12,08 b	13,08 b	12,34 b
< 0,420 e > 0,297	11,41 c	11,33 c	10,55 c
< 0,297	8,78 d	8,82 d	9,03 d
D.M.S. (5%) ³	0,03	0,05	0,03

1 : expresso na base seca.

2 : As médias acompanhadas da mesma letra na vertical não diferem significativamente entre si. Teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade

3 : Diferença mínima significativa do teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade.

TABELA 14

Teor de proteína¹ das frações de sorgo, cultivar 145, decorticado por 1 minuto e separadas de acordo com o tamanho de partícula.

Tamanho de partículas (mm)	Umidade inicial do sorgo decorticado (%)		
	15,0 ± 0,5	17,0 ± 0,5	19,0 ± 0,5
> 0,500	12,58 a ²	13,26 a	13,32 a
< 0,500 e > 0,420	12,50 b	12,65 b	12,99 b
< 0,420 e > 0,297	11,80 c	10,85 c	12,39 c
< 0,297	10,94 d	10,63 d	9,87 d
D.M.S. (5%) ³	0,06	0,04	0,05

1 : expresso na base seca.

2 : As médias acompanhadas da mesma letra na vertical não diferem significativamente entre si. Teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade

3 : Diferença mínima significativa do teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade.

TABELA 15

Teor de lipídeo¹ das frações de sorgo, cultivar OA, decorticado por 1 minuto e separadas de acordo com o tamanho de partícula.

Tamanho de partículas (mm)	Umidade inicial do sorgo decorticado (%)		
	15,0 ± 0,5	17,0 ± 0,5	19,0 ± 0,5
> 0,590	6,28 a ²	7,07 a	5,41 a
< 0,590 e > 0,420	2,83 b	1,87 b	2,71 b
< 0,420 e > 0,297	1,65 c	1,69 c	1,89 c
< 0,297	1,34 d	1,29 d	1,95 d
D.M.S. (5%) ³	0,06	0,03	0,03

1 : expresso na base seca.

2 : As médias acompanhadas da mesma letra na vertical não diferem significativamente entre si. Teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade

3 : Diferença mínima significativa do teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade.

TABELA 16

Teor de lípideo¹ das frações de sorgo, cultivar 145, decorticado por 1 minuto e separadas de acordo com o tamanho de partículas.

Tamanho de partículas (mm)	Umidade inicial do sorgo decorticado (%)		
	15,0 ± 0,5	17,0 ± 0,5	19,0 ± 0,5
> 0,590	9,04 ^z	8,72 ^a	9,23 ^a
< 0,590 e > 0,420	3,42 ^b	3,85 ^b	3,07 ^b
< 0,420 e > 0,297	1,57 ^c	1,56 ^c	1,56 ^c
< 0,297	0,94 ^d	1,19 ^d	0,94 ^d
D.M.S. (5%) ³	0,05	0,03	0,02

1 : expresso na base seca.

z : As médias acompanhadas da mesma letra na vertical não diferem significativamente entre si. Teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade

a : Diferença mínima significativa do teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade.

TABELA 17

Teor de fibra¹ das frações de sorgo, cultivar 9A, decorticado por 1 minuto e separadas de acordo com o tamanho de partículas.

Tamanho de partículas (mm)	Umidade inicial do sorgo decorticado (%)		
	15,0 ± 0,5	17,0 ± 0,5	19,0 ± 0,5
> 0,590	6,60 a ²	4,05 a	4,24 a
< 0,590 e > 0,420	2,64 b	1,99 b	1,74 b
< 0,420 e > 0,297	0,80 c	0,52 c	0,32 c
< 0,297	0,41 d	0,39 d	0,25 d
D.M.S. (5%) ^a	0,03	0,03	0,05

1 : expresso na base seca.

2 : As médias acompanhadas da mesma letra na vertical não diferem significativamente entre si. Teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade

a : Diferença mínima significativa do teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade.

TABELA 18

Teor de fibra¹ das frações de sorgo, cultivar 145, decorticado por 1 minuto e separadas de acordo com o tamanho de partícula.

Tamanho de partículas (mm)	Umidade inicial do sorgo decorticado (%)		
	15,0 ± 0,5	17,0 ± 0,5	19,0 ± 0,5
> 0,590	6,75 a ²	4,12 a	4,31 a
< 0,590 e > 0,420	2,72 b	1,86 b	1,93 b
< 0,420 e > 0,297	0,86 c	0,74 c	0,49 c
< 0,297	0,30 d	0,66 d	0,26 d
D.M.S. (5%) ³	0,03	0,03	0,05

1 : expresso na base seca.

2 : As médias acompanhadas da mesma letra na vertical não diferem significativamente entre si. Teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade

3 : Diferença mínima significativa do teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade.

TABELA 19

Teor de cinza¹ das frações de sorgo, cultivar 9A, decorticado por 1 minuto e separadas de acordo com o tamanho de partícula.

Tamanho de partículas (mm)	Umidade inicial do sorgo decorticado (%)		
	15,0 ± 0,5	17,0 ± 0,5	19,0 ± 0,5
> 0,590	5,66 a ²	5,98 a	5,70 a
< 0,590 e > 0,420	2,58 b	3,41 b	2,75 b
< 0,420 e > 0,297	1,46 c	1,08 c	1,61 c
< 0,297	0,82 d	0,79 d	0,68 d
D. M. S. (5%) ³	0,04	0,04	0,05

1 : expresso na base seca.

2 : As médias acompanhadas da mesma letra na vertical não diferem significativamente entre si. Teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade

3 : Diferença mínima significativa do teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade.

TABELA 20

Teor de cinza¹ das frações de sorgo, cultivar 145, decorticado por 1 minuto e separadas de acordo com o tamanho de partícula.

Tamanho de partículas (mm)	Umidade inicial do sorgo decorticado (%)		
	15,0 ± 0,5	17,0 ± 0,5	19,0 ± 0,5
> 0,590	5,78 a ²	6,10 a	5,82 a
< 0,590 e > 0,420	2,70 b	3,53 b	2,87 b
< 0,420 e > 0,297	1,58 c	1,20 c	1,73 c
< 0,297	0,71 d	0,74 d	0,67 d
D. M. S. (5%) ³	0,05	0,05	0,05

1 : expresso na base seca.

2 : As médias acompanhadas da mesma letra na vertical não diferem significativamente entre si. Teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade

3 : Diferença mínima significativa do teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade.

com tamanho de partículas menores que 0,420 mm obtidas com o nível de umidade de 15%, para os testes posteriores. Este nível de umidade foi escolhido por ser mais próximo daquele normalmente encontrado em grãos de sorgo e por apresentar rendimentos superiores aos observados com 17.0 e 19.0% de umidade.

4. CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DAS FARINHAS DE SORGO SELECIONADAS PARA O PROCESSO DE EXTRUSÃO.

A Tabela 21 apresenta as características de cor, viscosidade, IAA, ISA e pH das farinhas de sorgo utilizadas no processo de extrusão. As farinhas com partículas menores que 0,420 mm, obtidas de grãos de sorgo decorticados por 1 minuto e condicionados a 15% de umidade, apresentaram cores mais brancas (maiores valores de L^+) e menos amarelas (menores valores de b^+) em relação as demais.

As várias farinhas de sorgo apresentaram valores de temperatura de pasta similares, sendo observado, nas farinhas integrais, os menores valores de viscosidade máxima e viscosidade mínima a temperatura constante de 95°C .

Os índices de absorção de água, solubilidade em água e pH foram similares em todas as amostras selecionadas.

5. PROCESSO DE EXTRUSÃO DE FARINHAS DE SORGO PARA ELABORAÇÃO DE "TORTILLAS".

As condições de processamento da farinha de sorgo no

TABELA 21

Características tecnológicas das farinhas de sorgo selecionadas para o processo de extrusão.

Farinha	Cor			Viscosidade ¹				IAA ²	ISA ³	pH
	L	a	b	TP	VM	V ₂₀	VF			
9A integral	78,22	3,66	14,48	75	165	205	505	2,77	5,98	6,8
	±0,03 ⁴	±0,13	±0,02	±1	±1	±3	±3	±0,01	±0,1	±0,0
9A dec. ⁵ 1min.	84,81	1,26	13,22	77	205	245	405	2,79	4,79	6,8
	±0,02	±0,00	±0,02	±1	±3	±0	±3	±0,01	±0,01	±0,0
9A dec.	89,01	0,55	11,02	71	240	240	535	2,88	4,06	6,8
< 0,420 mm.	±0,01	±0,01	±0,00	±1	±3	±0	±3	±0,00	±0,02	±0,0
145 integral	76,70	4,15	14,34	83	141	142	358	2,84	4,56	6,7
	±0,05	±0,02	±0,02	±1	±2	±1	±1	±0,01	±0,01	±0,1
145 dec. 1min.	84,20	1,84	12,80	71	228	228	555	2,96	5,35	6,7
	±0,02	±0,01	±0,00	±0	±1	±1	±3	±0,02	±0,01	±0,0
145 dec.	88,71	0,54	11,00	71	258	258	602	2,85	3,53	6,7
< 0,420 mm.	±0,12	±0,01	±0,01	±1	±1	±1	±1	±0,1	±0,03	±0,1

¹ : TP = Temperatura de pasta; VM = Viscosidade máxima; V₂₀

= Viscosidade mínima a temperatura cte. de 95°C; VF

= Viscosidade final a 50°C.

² : Índice de absorção de água.

³ : Índice de solubilidade de água.

⁴ : O valor precedido do sinal ± refere-se ao erro-padrão da média.

⁵ : Decorticado por 1 minuto e condicionado a 15% de umidade.

no extrusor foram estudadas com o objetivo de se obter uma farinha instantânea com características semelhantes à farinha de milho "nixtamalizada". As características tecnológicas (variáveis de resposta) da farinha "nixtamalizada" de milho foram comparadas com as das farinhas de sorgo obtidas nas várias condições de extrusão. Esta comparação foi feita através da análise de componentes principais e complementada com comparações múltiplas de médias.

5.1. Comparação entre as características tecnológicas das farinhas de sorgo extrusadas e as da farinha de milho "nixtamalizada".

As médias e os respectivos erros-padrão das médias das variáveis de resposta : cor (L, a, b); viscosidade (TP, VM, Vzo min, VF), IAA e ISA para as farinhas obtidas nas diferentes condições de extrusão estão mostrados nas Tabelas 22, 24 e 26 para o cultivar 9A e nas Tabelas 23, 25 e 27 para o cultivar 145.

As cores mais brancas (maiores valores de L^+) foram obtidas após extrusão da farinha com tamanho de partículas menores que 0,42 mm, resultantes do sorgo decorticado por 1 minuto e condicionado a 15% de umidade. As farinhas integrais proporcionaram produtos extrusados menos brancos, o que pode ser explicado pela presença de taninos e fenóis na farinha integral, que reagem com o álcali adicionado durante o processo de extrusão produzindo compostos coloridos (Bedolla, 1983).

De uma maneira geral não foram observadas diferenças significativas nas características de temperatura de pasta entre as farinhas de sorgo extrusadas e a de milho "nixtamalizada". Com

TABELA 22

Cor das farinhas de sorgo extrusadas; cultivar QA.

Tratamento	Cor		
	L	a	b
Referência	84,63 ± 0,03 ¹	0,80 ± 0,00	19,57 ± 0,03
1)	82,01 ± 0,06	2,62 ± 0,07	12,70 ± 0,12
2)	81,73 ± 0,08	1,62 ± 0,02	12,65 ± 0,06
3)	81,68 ± 0,38	1,84 ± 0,04	12,79 ± 0,06
4)	81,22 ± 0,06	2,26 ± 0,04	13,75 ± 0,03
5)	79,20 ± 0,06	2,57 ± 0,01	15,67 ± 0,06
6)	80,70 ± 0,36	2,04 ± 0,03	13,52 ± 0,29
7)	80,74 ± 0,14	2,57 ± 0,06	13,30 ± 0,12
8)	78,69 ± 0,28	3,49 ± 0,04	13,25 ± 0,03
9)	80,75 ± 0,14	2,60 ± 0,03	12,90 ± 0,05
10)	83,45 ± 0,30	0,30 ± 0,01	11,20 ± 0,12
11)	85,46 ± 0,28	1,30 ± 0,01	11,55 ± 0,04
12)	85,40 ± 0,09	1,40 ± 0,01	11,10 ± 0,06
13)	84,95 ± 0,06	0,60 ± 0,01	12,10 ± 0,03
14)	83,61 ± 0,06	1,21 ± 0,01	12,60 ± 0,17
15)	83,83 ± 0,05	1,41 ± 0,02	12,60 ± 0,05
16)	84,68 ± 0,19	1,10 ± 0,03	11,80 ± 0,02
17)	78,00 ± 0,03	0,80 ± 0,02	17,79 ± 0,05
18)	76,00 ± 0,03	1,25 ± 0,01	18,55 ± 0,04

Tratamento	Cor		
	L	a	b
19)	85,30 ± 0,13	0,04 ± 0,00	13,18 ± 0,01
20)	88,53 ± 0,70	0,31 ± 0,00	15,28 ± 0,01
21)	86,60 ± 0,02	1,40 ± 0,01	15,60 ± 0,00
22)	86,85 ± 0,03	0,05 ± 0,00	16,08 ± 0,04
23)	85,76 ± 0,03	0,51 ± 0,00	15,09 ± 0,01
24)	83,50 ± 0,12	0,31 ± 0,01	17,03 ± 0,01
25)	86,65 ± 0,00	0,61 ± 0,01	17,78 ± 0,04
26)	84,07 ± 0,04	0,32 ± 0,01	17,00 ± 0,01
27)	79,20 ± 0,01	0,05 ± 0,00	17,12 ± 0,02

1 : O valor precedido do sinal ± refere-se ao erro-padrão da média.

TABELA 23

Cor das farinhas de sorgo extrusadas; cultivar 145.

Tratamento	Cor		
	L	a	b
Referência	84,63 ± 0,03	0,80 ± 0,00	19,57 ± 0,03
1)	80,22 ± 0,12	3,14 ± 0,02	12,58 ± 0,07
2)	79,70 ± 0,39	2,16 ± 0,03	12,56 ± 0,28
3)	79,72 ± 0,41	2,39 ± 0,08	12,66 ± 0,36
4)	79,22 ± 0,12	2,77 ± 0,02	13,51 ± 0,13
5)	77,20 ± 0,06	3,11 ± 0,07	15,56 ± 0,05
6)	78,76 ± 0,03	2,58 ± 0,04	13,43 ± 0,01
7)	78,61 ± 0,06	3,05 ± 0,03	13,08 ± 0,03
8)	76,78 ± 0,02	4,03 ± 0,01	13,05 ± 0,05
9)	78,69 ± 0,36	3,14 ± 0,03	12,33 ± 0,24
10)	84,13 ± 0,12	1,16 ± 0,02	13,12 ± 0,04
11)	83,23 ± 0,03	1,35 ± 0,04	12,88 ± 0,04
12)	83,45 ± 0,03	1,39 ± 0,02	13,00 ± 0,05
13)	80,03 ± 0,56	1,94 ± 0,03	15,01 ± 0,03
14)	77,20 ± 0,17	3,12 ± 0,02	15,57 ± 0,03
15)	81,74 ± 0,01	1,24 ± 0,03	14,74 ± 0,06
16)	82,01 ± 0,59	2,10 ± 0,03	14,20 ± 0,03
17)	76,50 ± 0,29	3,02 ± 0,04	16,02 ± 0,01
18)	80,58 ± 0,35	1,43 ± 0,04	14,39 ± 0,04

Tratamento

Cor

	L	a	b
19)	86,00 ± 0,03	0,03 ± 0,00	13,10 ± 0,01
20)	85,69 ± 0,05	0,20 ± 0,010	13,10 ± 0,02
21)	84,49 ± 0,08	1,20 ± 0,02	13,61 ± 0,05
22)	83,59 ± 0,05	0,33 ± 0,03	15,60 ± 0,01
23)	83,80 ± 0,00	0,40 ± 0,01	15,20 ± 0,02
24)	81,60 ± 0,05	0,10 ± 0,02	16,60 ± 0,00
25)	82,00 ± 0,06	0,30 ± 0,01	16,20 ± 0,01
26)	82,00 ± 0,03	0,20 ± 0,00	16,00 ± 0,01
27)	76,75 ± 0,02	0,03 ± 0,00	16,95 ± 0,02

1 : O valor precedido do sinal ± refere-se ao erro-padrão da média.

TABELA 24

Viscosidade das farinhas de sorgo extrusadas; cultivar 9A.

Tratamento	Viscosidade			
	TP ¹ (°C)	VM ² (UA)	Vzo ³ (UA)	VF ⁴ (UA)
Referência	74,0 ± 0,58 ⁵	270,0 ± 0,58	310,0 ± 2,89	750,0 ± 2,89
1)	87,0 ± 0,58	311,0 ± 0,58	180,3 ± 0,88	609,7 ± 0,88
2)	76,0 ± 0,58	292,0 ± 1,15	190,0 ± 2,89	580,7 ± 1,76
3)	79,0 ± 1,15	305,0 ± 2,89	200,7 ± 1,76	580,0 ± 0,00
4)	78,7 ± 0,33	293,3 ± 1,67	180,0 ± 2,89	610,0 ± 2,89
5)	80,7 ± 0,33	310,0 ± 2,89	205,0 ± 2,89	580,0 ± 1,15
6)	77,3 ± 0,88	290,0 ± 1,15	250,3 ± 0,88	629,7 ± 0,33
7)	80,0 ± 1,15	276,7 ± 3,33	220,0 ± 0,00	564,7 ± 0,33
8)	75,7 ± 0,33	290,0 ± 2,89	160,0 ± 2,89	548,3 ± 1,67
9)	77,0 ± 0,58	330,0 ± 1,15	240,0 ± 1,15	610,0 ± 2,89
10)	64,0 ± 1,15	260,0 ± 2,89	160,0 ± 2,89	590,0 ± 1,15
11)	61,3 ± 0,88	260,0 ± 0,58	170,3 ± 0,88	516,7 ± 1,42
12)	53,3 ± 0,88	249,7 ± 0,88	170,0 ± 1,73	520,0 ± 0,58
13)	63,0 ± 0,58	260,0 ± 0,58	160,0 ± 0,00	590,0 ± 2,31
14)	66,0 ± 0,58	220,0 ± 1,15	120,3 ± 0,33	430,0 ± 1,73
15)	63,7 ± 0,33	211,3 ± 0,67	102,7 ± 1,45	389,3 ± 0,33
16)	65,0 ± 1,15	210,3 ± 0,33	110,0 ± 0,58	401,7 ± 1,67
17)	60,0 ± 0,58	170,3 ± 0,33	100,0 ± 0,00	319,3 ± 0,33
18)	60,0 ± 0,58	180,0 ± 1,15	80,3 ± 0,33	320,0 ± 1,15

Tratamento	Viscosidade			
	TP (°C)	VM (CUA)	Vzo (CUA)	VF (CUA)
19)	71,7 ± 0,33	360,0 ± 1,15	190,0 ± 1,15	560,0 ± 2,89
20)	73,0 ± 0,58	330,0 ± 2,89	190,0 ± 2,89	540,0 ± 2,89
21)	70,3 ± 0,88	360,0 ± 2,89	190,0 ± 0,00	540,0 ± 2,89
22)	75,0 ± 1,73	249,7 ± 0,33	149,7 ± 0,88	470,0 ± 0,58
23)	70,3 ± 0,88	310,0 ± 1,15	180,3 ± 0,88	520,0 ± 0,58
24)	63,7 ± 0,67	240,7 ± 0,67	110,0 ± 1,15	310,0 ± 1,15
25)	72,0 ± 1,15	250,0 ± 1,15	150,3 ± 0,88	450,0 ± 2,89
26)	58,0 ± 0,58	230,0 ± 0,58	150,0 ± 0,58	360,0 ± 0,00
27)	69,7 ± 0,88	200,3 ± 1,45	70,3 ± 0,88	259,3 ± 0,67

1 : TP = Temperatura de pasta.

2 : Vm = Viscosidade máxima.

3 : Vzo = Viscosidade mínima a temperatura cte. de 95°C.

4 : VF = Viscosidade final a 50°C.

5 : O valor precedido do sinal ± refere-se ao erro-padrão da média.

TABELA 25

Viscosidade das farinhas de sorgo extrusadas; cultivar 145.

Tratamento	Viscosidade			
	TP ⁴ (°C)	VM ² (UA)	V ₂₀ ³ (UA)	VF ⁴ (UA)
Referência	74,0 ± 0,58 ⁵	270,0 ± 0,58	310,0 ± 2,89	750,0 ± 2,89
1)	85,7 ± 0,33	300,0 ± 2,89	220,0 ± 2,89	580,0 ± 2,89
2)	65,0 ± 1,15	290,0 ± 0,00	202,7 ± 1,45	560,0 ± 1,15
3)	70,0 ± 2,89	300,0 ± 5,77	210,0 ± 0,00	560,0 ± 5,77
4)	70,3 ± 0,33	281,7 ± 1,67	210,0 ± 0,00	580,0 ± 0,00
5)	70,0 ± 0,58	300,0 ± 2,89	210,0 ± 2,89	570,0 ± 2,89
6)	67,0 ± 0,58	290,0 ± 5,77	260,3 ± 2,89	650,0 ± 0,00
7)	69,0 ± 0,58	280,0 ± 2,89	200,0 ± 5,77	560,0 ± 2,89
8)	67,0 ± 1,15	280,0 ± 2,89	200,0 ± 5,77	540,0 ± 2,89
9)	69,0 ± 1,15	320,0 ± 1,15	240,0 ± 1,15	600,0 ± 2,89
10)	70,0 ± 0,58	300,0 ± 5,77	205,0 ± 2,89	600,0 ± 5,77
11)	69,3 ± 0,33	300,0 ± 5,77	180,0 ± 2,89	560,0 ± 2,89
12)	70,0 ± 1,15	290,0 ± 2,89	210,0 ± 1,15	580,0 ± 1,15
13)	69,3 ± 0,33	220,0 ± 2,89	160,7 ± 1,76	460,0 ± 2,89
14)	69,3 ± 0,88	250,0 ± 2,89	140,0 ± 2,89	460,0 ± 2,89
15)	69,0 ± 0,58	260,0 ± 2,89	130,0 ± 2,89	450,0 ± 2,89
16)	70,0 ± 0,58	240,0 ± 5,77	140,0 ± 2,89	450,07 ± 2,89
17)	70,0 ± 1,15	190,0 ± 2,89	80,0 ± 5,77	220,0 ± 5,77
18)	71,0 ± 0,58	250,3 ± 1,45	190,0 ± 2,89	580,0 ± 5,77

Tratamento	Viscosidade			
	TP (°C)	VM (UA)	Vzo (UA)	VF (UA)
19)	70,0 ± 0,58	350,0 ± 2,89	180,0 ± 0,00	550,0 ± 2,89
20)	70,3 ± 1,20	319,3 ± 2,33	180,0 ± 2,89	530,0 ± 1,15
21)	67,3 ± 1,20	349,7 ± 0,88	179,0 ± 2,03	530,0 ± 1,15
22)	74,0 ± 0,58	239,7 ± 2,60	141,0 ± 2,08	460,3 ± 0,88
23)	67,7 ± 0,88	301,0 ± 2,08	170,0 ± 1,15	510,0 ± 1,15
24)	60,7 ± 0,33	229,0 ± 2,08	101,3 ± 1,88	301,7 ± 1,67
25)	70,0 ± 0,58	240,3 ± 0,33	140,0 ± 0,00	440,0 ± 1,15
26)	56,3 ± 0,33	220,7 ± 0,67	139,7 ± 0,88	350,0 ± 2,89
27)	68,0 ± 1,15	190,0 ± 2,89	60,0 ± 0,00	250,0 ± 2,89

1 : TP = Temperatura de pasta.

2 : Vm = Viscosidade máxima.

3 : Vzo = Viscosidade mínima a temperatura cte. de 95°C.

4 : VF = Viscosidade final a 50°C.

5 : O valor precedido do sinal ± refere-se ao erro-padrão da média.

TABELA 26

Índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA) das farinhas de sorgo extrusadas; cultivar 9A.

Tratamento	IAA	ISA
Referência	2,84 ± 0,02 ¹	4,80 ± 0,02
1)	5,95 ± 0,01	5,23 ± 0,01
2)	3,39 ± 0,01	5,05 ± 0,01
3)	3,40 ± 0,01	4,75 ± 0,01
4)	3,50 ± 0,01	5,33 ± 0,01
5)	3,42 ± 0,01	4,71 ± 0,01
6)	3,28 ± 0,01	4,90 ± 0,01
7)	3,61 ± 0,01	5,33 ± 0,01
8)	3,44 ± 0,01	4,71 ± 0,01
9)	3,01 ± 0,03	4,82 ± 0,01
10)	3,52 ± 0,01	6,06 ± 0,02
11)	3,90 ± 0,01	5,22 ± 0,00
12)	4,43 ± 0,00	6,20 ± 0,01
13)	4,13 ± 0,01	5,28 ± 0,01
14)	3,96 ± 0,01	5,50 ± 0,01
15)	3,90 ± 0,01	6,05 ± 0,03
16)	3,78 ± 0,01	5,29 ± 0,01
17)	4,53 ± 0,01	5,18 ± 0,01
18)	3,76 ± 0,01	5,70 ± 0,01
19)	4,00 ± 0,01	6,20 ± 0,00

Tratamento	IAA	ISA
20)	3,95 ± 0,00	6,93 ± 0,01
21)	5,02 ± 0,01	7,02 ± 0,00
22)	4,08 ± 0,00	6,08 ± 0,00
23)	4,05 ± 0,00	7,11 ± 0,01
24)	4,24 ± 0,01	6,75 ± 0,01
25)	3,95 ± 0,01	6,03 ± 0,00
26)	4,41 ± 0,01	6,79 ± 0,01
27)	4,47 ± 0,01	6,46 ± 0,00

± : O valor precedido do sinal ± refere-se ao erro-padrão da média.

TABELA 27

Índice de absorção de água (IAA) e Índice de solubilidade em água (ISA) das farinhas de sorgo extrusadas; cultivar 145.

Tratamento	IAA	ISA
Referência	2,84 ± 0,02 ⁴	4,80 ± 0,02
1)	3,10 ± 0,06	4,70 ± 0,01
2)	3,35 ± 0,00	4,59 ± 0,04
3)	3,36 ± 0,01	4,33 ± 0,02
4)	3,43 ± 0,01	4,38 ± 0,01
5)	3,39 ± 0,01	4,20 ± 0,01
6)	3,23 ± 0,01	4,39 ± 0,01
7)	3,55 ± 0,01	4,38 ± 0,01
8)	3,43 ± 0,01	4,21 ± 0,01
9)	2,94 ± 0,01	4,30 ± 0,01
10)	3,32 ± 0,01	5,34 ± 0,01
11)	3,70 ± 0,01	4,51 ± 0,01
12)	4,23 ± 0,01	5,58 ± 0,01
13)	3,90 ± 0,01	4,56 ± 0,01
14)	3,76 ± 0,01	4,78 ± 0,01
15)	3,61 ± 0,02	5,33 ± 0,01
16)	3,55 ± 0,02	4,57 ± 0,01
17)	4,30 ± 0,01	4,46 ± 0,01
18)	3,56 ± 0,00	4,99 ± 0,01
19)	4,25 ± 0,33	4,21 ± 0,01

Tratamento	IAA	ISA
20)	3,90 ± 0,01	5,88 ± 0,01
21)	4,98 ± 0,01	6,14 ± 0,01
22)	3,99 ± 0,01	5,10 ± 0,01
23)	4,00 ± 0,01	6,15 ± 0,01
24)	4,14 ± 0,01	5,90 ± 0,01
25)	3,89 ± 0,01	5,07 ± 0,01
26)	4,38 ± 0,01	5,83 ± 0,01
27)	4,39 ± 0,01	5,58 ± 0,01

± : O valor precedido do sinal ± refere-se ao erro-padrão da média.

exceção dos tratamentos de extrusão 17, 18, 26 e 27 referentes ao cultivar 9A e dos tratamentos 14, 15, 16, 17, 18, 22, 24, 25, 26 e 27 relativos ao cultivar 145, as farinhas de sorgo apresentaram um maior pico de viscosidade em relação à de milho. As farinhas de sorgo extrusadas apresentaram menores valores de viscosidade mínima durante o ciclo de temperatura constante e viscosidade final em relação às da farinha de milho. Por outro lado, o processo de extrusão provocou um aumento na viscosidade final em relação a farinha de sorgo não extrusada. Este resultado indicou uma maior tendência a retrogradação nas farinhas extrusadas.

Analizando estes resultados pode-se notar que as farinhas de sorgo obtidas pelo processo de extrusão apresentaram características tecnológicas semelhantes às de milho "nixtamalizada" o que indicaria sua possível utilização para a elaboração de "tortillas".

Os índices de absorção de água (IAA) e de solubilidade em água (ISA) das farinhas de sorgo obtidas pelo processo de extrusão, foram maiores que aqueles obtidos para a referência, indicando que o processo de extrusão provocou uma quebra na estrutura cristalina do grânulo de amido, resultando em uma grande capacidade de intumescimento. De acordo com Bedolla (1983) os valores do IAA estão relacionados com a consistência da massa usada na elaboração de "tortillas". Segundo este autor o aumento do IAA está diretamente relacionado com o rendimento das "tortillas" quando a temperatura de cozimento da chapa e a espessura das "tortillas" antes do cozimento, permanecerem constantes.

Comparando os resultados obtidos para as características tecnológicas das farinhas de sorgo extrusadas com aqueles reportados por Bedolla (1983) foi verificado que as condições de extrusão selecionadas foram apropriadas para obtenção de farinhas para elaboração de "tortillas".

5.2. Seleção das condições do processo de extrusão para obtenção de farinhas de sorgo para elaboração de "tortillas"..

Nas Tabelas 28 e 29 estão apresentadas as comparações múltiplas das médias dos tratamentos pelo teste de Tukey, para as cultivares 9A e 145, respectivamente. A análise dos resultados obtidos revelou que todos os tratamentos testados mostraram diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade em relação à referência. Considerando estes resultados, foram selecionados os tratamentos que apresentaram menores diferenças significativas em relação à referência e com base nos menores gastos de energia no processo de extrusão. De acordo com estes resultados foram escolhidas as seguintes condições de extrusão das farinhas de sorgo.

1). Cultivar 9A :

- a) Farinha de sorgo integral com 15% de umidade e com velocidade de rosca de 130 rpm.
- b) Frações com tamanho de partícula menores que 0,420 mm do sorgo decorticado por 1 minuto condicionado a 15% de umidade e extrusado com 15% de umidade e com velocidade da rosca de 130 rpm.

TABELA 28

Médias de CP1 dos tratamentos associados ao sorgo, cultivar 9A

Tratamento	Média de CP1
Farinha de milho (referência)	857,37 ^{a1}
1) sorgo integral 15% 130 rpm	698,27 ^{cd}
2) " " " 150 rpm	670,35 ^{defg}
3) " " " 170 rpm	677,64 ^{def}
4) " " 18% 130 rpm	692,94 ^{de}
5) " " " 150 rpm	680,75 ^{def}
6) " " " 170 rpm	735,31 ^b
7) " " 20% 130 rpm	663,03 ^{efg}
8) " " " 150 rpm	630,15 ^{hij}
9) " " " 170 rpm	725,89 ^{bc}
10) sorgo decorticado 1'15% 130 rpm	657,63 ^{fgh}
11) " " " " 150 rpm	611,48 ^{jk}
12) " " " " 170 rpm	596,30 ^k
13) " " " 18% 130 rpm	657,59 ^{fgh}
14) " " " " 150 rpm	490,39 ^m
15) " " " " 170 rpm	445,41 ⁿ
16) " " " 20% 130 rpm	458,76 ⁿ
17) " " " " 150 rpm	370,59 ^p
18) " " " " 170 rpm	366,70 ^p
19) sorgo decorticado 1' < 0,42 mm 15% 130 rpm	671,94 ^{defg}
20) " " " " " 150 rpm	645,59 ^{ghi}

Tratamento	Média de CP ₁
21) " " " " " 170 rpm	654,28fgh
22) sorgo decorticado 1' < 0,42 mm 18% 130 rpm	545,50l
23) " " " " " 150 rpm	618,42ijk
24) " " " " " 170 rpm	386,87p
25) " " " " 20% 130 rpm	528,13l
26) " " " " " 150 rpm	442,39n
27) " " " " " 170 rpm	315,92q
D.M.S. (5%) ²	30,43

1 : As médias acompanhadas da mesma letra na vertical não diferem significativamente entre si. Teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade

2 : Diferença mínima significativa do teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade.

TABELA 29

Médias de CP1 dos tratamentos associados ao sorgo, cultivar 145.

Tratamento	Média de CP1
Farinha de milho (referência)	853,11 ^a
1) sorgo integral 15% 130 rpm	674,34 ^e
2) " " " 150 rpm	647,14 ^{hi}
3) " " " 170 rpm	652,45 ^{fghi}
4) " " 18% 130 rpm	665,84 ^{fg}
5) " " " 150 rpm	661,27 ^{efgh}
6) " " " 170 rpm	749,50 ^b
7) " " 20% 130 rpm	647,65 ^{hi}
8) " " " 150 rpm	625,94 ^{jk}
9) " " " 170 rpm	704,46 ^c
10) sorgo decortificado 1'15% 130 rpm	686,08 ^d
11) " " " " 150 rpm	640,78 ⁱ
12) " " " " 170 rpm	667,86 ^f
13) " " " 18% 130 rpm	525,17 ^m
14) " " " " 150 rpm	524,26 ^m
15) " " " " 170 rpm	513,89 ^{mn}
16) " " " 20% 130 rpm	513,85 ^{mn}
17) " " " " 150 rpm	273,17 ^s
18) " " " " 170 rpm	650,57 ^{ghi}
19) sorgo decortificado 1' < 0,42 mm 15% 130 rpm	643,83 ⁱ
20) " " " " " 150 rpm	618,73 ^k

Tratamento						Média de CP ₁
21)	"	"	"	"	170 rpm	625,79 _{jk}
22)	sorgo decorticado	1' < 0,42 mm	18%	130 rpm		522,57 _m
23)	"	"	"	"	150 rpm	592,59 _l
24)	"	"	"	"	170 rpm	363,28 _g
25)	"	"	"	20%	130 rpm	504,18 _n
26)	"	"	"	"	150 rpm	419,16 _p
27)	"	"	"	"	170 rpm	291,41 _r
D.M.S. (5%) ²						15,46

- 1 : As médias acompanhadas da mesma letra na vertical não diferem significativamente entre si. Teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade
- 2 : Diferença mínima significativa do teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade.

2). cultivar 145 :

a) farinha de sorgo integral com 18% de umidade e com velocidade da rosca de 170 rpm.

b) farinha de sorgo decorticado por 1 minuto extrusada com 15% de umidade e com velocidade da rosca de 130 rpm.

6.3. Comportamento das cultivares 9A e 145 em relação ao processo de extrusão.

A análise estatística mostrou que existem diferenças significativas para cada tratamento no comportamento entre as duas cultivares durante o processo de extrusão (Tabela 30).

6. ELABORAÇÃO DE "TORTILLAS".

As farinhas selecionadas durante o processo de extrusão foram avaliadas sensorialmente em misturas com farinha de milho

6.1 Cor das farinhas instantâneas de sorgo e das suas misturas com farinha de milho "nixtamalizada"

Nas Tabelas 31, 32, 33 e 34 estão apresentados os resultados obtidos na avaliação da cor das farinhas instantâneas selecionadas no processo de extrusão e suas misturas com farinha de milho. Em geral o acréscimo de farinha de milho nas misturas mostrou uma melhoria na cor, principalmente no caso de farinhas integrais.

TABELA 30

Médias do primeiro componente principal associado as cultivares 9A e 145, submetidos aos diferentes tratamentos.

Tratamento	cultivar	média	D. M. S. (5%) ¹
1)	9A	287,80 _a	3,18
	145	237,01 _b	
2)	9A	382,39 _a	10,92
	145	337,55 _b	
3)	9A	308,56 _a	8,36
	145	292,45 _b	
4)	9A	417,57 _a	3,87
	145	390,79 _b	
5)	9A	480,18 _a	4,00
	145	461,65 _b	
6)	9A	43,69 _a	15,83
	145	0,70 _b	
7)	9A	496,12 _a	13,29
	145	471,68 _b	
8)	9A	- 573,98 _a	3,84
	145	- 598,84 _b	
9)	9A	621,24 _a	8,01
	145	604,83 _b	
10)	9A	390,35 _a	11,97
	145	451,72 _b	

Tratamento	cultivar	média	D. M. S. (5%)
11)	9A	638,18 ^a	11,96
	145	501,89 ^b	
12)	9A	- 451,08 ^a	10,94
	145	- 515,55 ^b	
13)	9A	- 575,75 ^a	30,19
	145	- 636,11 ^b	
14)	9A	- 454,88 ^a	13,30
	145	- 502,34 ^b	
15)	9A	288,39 ^a	11,12
	145	184,63 ^b	
16)	9A	- 578,71 ^a	2,50
	145	- 663,04 ^b	
17)	9A	- 446,34 ^a	13,47
	145	- 529,01 ^b	
18)	9A	362,75 ^a	10,49
	145	653,84 ^b	
19)	9A	- 637,25 ^a	4,64
	145	- 619,72 ^b	
20)	9A	522,32 ^a	2,90
	145	505,03 ^b	
21)	9A	498,73 ^a	1,60
	145	480,59 ^b	

Tratamento	cultivar	média	D. M. S. (5%)
22)	9A	618,06 _a	5,01
	145	599,77 _b	
23)	9A	590,07 _a	2,83
	145	572,76 _b	
24)	9A	436,17 _a	5,12
	145	418,77 _b	
25)	9A	632,16 _a	2,33
	145	613,95 _b	
26)	9A	391,04 _a	3,81
	145	373,89 _b	
27)	9A	314,32 _a	4,38
	145	296,71 _b	

1 : D.M.S. (5%) = Diferença mínima significativa do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 31

Cor das misturas de farinha de sorgo, integral extrusada cultivar 9A e farinha de milho "nixtamalizada".

Cor	Porcentagem de farinha de milho na mistura						
	0	10	20	30	40	50	100
L	73,85 ±0,01 [±]	73,84 ±0,00	74,74 ±0,03	74,66 ±0,01	75,65 ±0,32	75,36 ±0,02	76,45 ±0,02
a	0,34 ±0,01	0,42 ±0,01	0,39 ±0,01	0,45 ±0,01	0,52 ±0,00	0,54 ±0,01	0,53 ±0,00
b	11,84 ±0,01	12,14 ±0,02	12,61 ±0,01	13,33 ±0,32	13,30 ±0,01	13,72 ±0,02	15,53 ±0,01

± : O valor precedido do sinal ± refere-se ao erro-padrão da média.

TABELA 32

Cor das misturas de farinha de sorgo, cultivar OA¹, e farinha de milho nixtamalizada.

Cor	Porcentagem de farinha de milho na mistura						
	0	10	20	30	40	50	100
L	78,77 ±0,01 ²	78,86 ±0,06	78,35 ±0,02	78,15 ±0,03	77,92 ±0,02	77,76 ±0,01	76,45 ±0,02
a	-1,50 ±0,02	- 1,18 ±0,02	- 0,89 ±0,01	- 0,59 ±0,00	- 0,34 ±0,01	- 0,20 ±0,01	0,53 ±0,00
b	13,05 ±0,02	13,12 ±0,02	13,69 ±0,01	13,92 ±0,03	14,11 ±0,01	14,50 ±0,01	15,53 ±0,01

1 : decorticado por 1 minuto < 0,420 mm. extrusada.

2 : O valor precedido do sinal ± refere-se ao erro-padrão da média.

TABELA 33

Cor das misturas de farinha de sorgo, integral extrusada cultivar 145, e farinha de milho "nixtamalizada".

Cor	Porcentagem de farinha de milho na mistura						
	0	10	20	30	40	50	100
L	72,83 ±0,01 ¹	78,98 ±0,32	73,38 ±0,01	73,57 ±0,01	73,74 ±0,01	73,91 ±0,00	76,45 ±0,02
a	0,65 ±0,01	0,65 ±0,01	0,59 ±0,01	0,56 ±0,01	0,62 ±0,01	0,62 ±0,01	0,53 ±0,00
b	11,89 ±0,01	12,43 ±0,00	12,64 ±0,01	13,13 ±0,01	13,61 ±0,01	14,07 ±0,01	15,53 ±0,01

1 : O valor precedido do sinal ± refere-se ao erro-padrão da média.

TABELA 34

Cor das misturas de farinha de sorgo, cultivar 145¹, e farinha de milho "nixtamalizada".

Cor	Porcentagem de farinha de milho na mistura						
	0	10	20	30	40	50	100
L	77,54 ±0,02 ²	76,77 ±0,01	76,77 ±0,01	76,56 ±0,01	76,13 ±0,01	76,18 ±0,01	76,45 ±0,02
a	- 0,72 ±0,01	- 0,51 ±0,00	- 0,35 ±0,01	- 0,17 ±0,01	- 0,02 ±0,00	- 0,05 ±0,01	0,53 ±0,00
b	12,02 ±0,01	12,53 ±0,01	12,95 ±0,01	13,45 ±0,00	13,88 ±0,01	14,21 ±0,00	15,53 ±0,01

1 : decorticado por 1 minuto < 0,420 mm. extrusada.

2 : O valor precedido do sinal ± refere-se ao erro-padrão da média.

Na Tabela 35 são apresentados os resultados obtidos na diferença total da cor das farinhas instantâneas de sorgo e suas misturas em relação à referência. Como era de se esperar a adição de níveis crescentes de farinha de milho provocou uma diminuição na diferença total da cor em relação a referência.

6.2. Avaliação sensorial das "tortillas".

Foi adotada a avaliação sensorial da "tortilla" como teste final para avaliar a qualidade tecnológica de uma farinha instantânea.

A análise da variância paramétrica complementada com o teste bicaudal de Dunnett mostrou que as "tortillas" elaboradas com farinha de sorgo integral, cultivar 9A, e suas misturas com farinha de milho "nixtamalizada" (Tabela 36) apresentaram diferença significativa nas características de cor em relação à referência (farinha de milho "nixtamalizada").

Estas diferenças podem ser atribuídas a presença de taninos e fenóis na farinha integral de sorgo que tornam as "tortillas" ligeiramente esverdeadas. Somente a "tortilla" elaborada com farinha integral de sorgo diferiu significativamente em relação a referência, quanto ao aroma. Nas características referente ao sabor as misturas não apresentaram diferenças significativas em relação à referência.

A Tabela 37 apresenta os resultados obtidos na avaliação sensorial das "tortillas" preparadas com misturas de farinha de milho "nixtamalizada" e farinha de sorgo, cultivar 9A,

TABELA 35

Diferença total da cor (DE) das misturas de farinha de sorgo extrusada e farinha de milho "nixtamalizada" em relação à referência.

Amostra	Porcentagem de farinha de milho na mistura					
	0	10	20	30	40	50
9A integral	4,3	3,9	3,6	3,2	2,8	2,2
15% de umidade	$\pm 0,1^1$	$\pm 0,0$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$
130 rpm						
9A decorticado	4,2	4,0	3,1	2,7	2,3	1,8
1 minuto, <0,42 mm	$\pm 0,0$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$
15% de umidade, 130 rpm						
145 integral	5,1	4,5	4,2	3,6	3,1	2,6
18% de umidade	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$
170 rpm						
145 decorticado	4,6	3,9	3,3	2,7	2,1	1,7
1 minuto, <0,42 mm	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,0$
15% de umidade, 130 rpm						

\pm : O valor precedido do sinal \pm refere-se ao erro-padrão da média.

TABELA 36

Características sensoriais de "tortilla" preparada com misturas de farinha de sorgo, integral extrusada cultivar 9A, e farinha de milho "nixtamalizada".

Atributo	Porcentagem de farinha de milho na "tortilla"							DMS (5%) ¹
	0	10	20	30	40	50	100	
cor	4,62 ^b	5,47 ^b	5,86 ^b	5,81 ^b	6,52 ^b	6,46 ^b	7,60 ^{a2}	1,29
aroma	4,77 ^b	5,75 ^a	6,70 ^a	6,94 ^a	7,29 ^a	7,54 ^a	7,08 ^a	1,80
sabor	5,96 ^a	6,53 ^a	6,83 ^a	6,67 ^a	6,96 ^a	7,07 ^a	6,09 ^a	1,71
textura	5,39 ^a	6,50 ^a	7,12 ^a	7,69 ^a	7,50 ^a	7,05 ^a	6,37 ^a	1,47

¹ : D.M.S.(5%) = diferença mínima significativa do teste bicaudal de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade.

² : Para cada atributo as médias das misturas acompanhadas da mesma letra da referência, não diferem significativamente desta, pelo teste de Dunnett.

TABELA 37

Características sensoriais de "tortilla" preparada com misturas de farinha de sorgo¹ cultivar 9A e farinha de milho "nixtamalizada".

Atributo	Porcentagem de farinha de milho na "tortilla"							DMSC(5%) ²
	0	10	20	30	40	50	100	
cor	3,96b	4,36b	5,03a	6,14a	7,60a	6,88a	6,96a ³	2,52
aroma	4,35b	5,40a	6,10a	7,10a	6,11a	7,22a	6,54a	2,20
sabor	3,90b	4,62a	4,66a	6,75a	7,26a	6,67a	6,38a	2,06
textura	6,97a	5,24a	6,11a	4,47b	7,14a	7,17a	7,17a	1,96

1 : decorticado por 1 minuto < 0,420 mm extrusada.

2 : D.M.S.(5%) = diferença mínima significativa do teste bicaudal de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade.

3 : Para cada atributo as médias das misturas acompanhadas da mesma letra da referência, não diferem significativamente desta, pelo teste de Dunnett.

decorticado, por 1 minuto com tamanho de partículas menores que 0,420mm, condicionada e extrusada a 15% de umidade com velocidade da rosca de 130 rpm. Quanto a cor, somente as "tortillas" elaboradas com farinha de sorgo e com misturas contendo 10% de farinha de milho apresentaram diferença significativa em relação a referência. O aroma e sabor foram melhorados com a adição de farinha de milho, enquanto que a mistura contendo 20% de farinha de milho apresentou diferença significativa em relação a textura. Estes resultados mostraram que a remoção de compostos fenólicos do grão melhorou sensivelmente as características sensoriais das "tortillas".

A Tabela 38 apresenta os resultados obtidos na avaliação sensorial das "tortillas" elaboradas com farinha de sorgo integral, cultivar 145 integral e suas misturas com farinha de milho. Com níveis de substituição de 40 e 50% de farinha de sorgo, não foram observadas diferenças significativas na cor das "tortillas" em relação à referência. Somente a "tortilla" elaborada com 100% de farinha integral de sorgo apresentou diferença significativa quanto ao aroma, em relação à referência. Este resultado também foi observado para farinha integral do cultivar 9A. Nos atributos de sabor e textura não foram observadas diferenças significativas entre as misturas e a referência.

As "tortillas" elaboradas com sorgo, cultivar 145, decorticado por 1 minuto e suas misturas com farinha de milho (Tabela 39) não apresentaram diferença significativa em relação à referência em todos os atributos avaliados, exceto na cor daquela elaborada com 100% de farinha integral e da farinha misturada com

TABELA 38

Características sensoriais de "tortilla" preparada com misturas de farinha de sorgo integral extrusada, cultivar 145, e farinha de milho "nixtamalizada".

Atributo	Porcentagem de farinha de milho na "tortilla"							DMS (5%) ¹
	0	10	20	30	40	50	100	
Cor	3,78 ^b	3,86 ^b	4,25 ^b	5,60 ^b	5,98 ^a	6,18 ^a	7,28 ^{a,2}	1,53
Aroma	5,32 ^b	5,78 ^a	6,47 ^a	6,59 ^a	6,83 ^a	7,11 ^a	6,99 ^a	1,62
Sabor	6,29 ^a	6,07 ^a	5,75 ^a	6,21 ^a	6,20 ^a	6,06 ^a	6,60 ^a	1,51
Textura	7,28 ^a	7,18 ^a	7,09 ^b	7,17 ^a	7,68 ^a	7,08 ^a	7,59 ^a	0,87

¹ : D.M.S. (5%) = diferença mínima significativa do teste bicaudal de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade.

² : Para cada atributo as médias das misturas acompanhadas da mesma letra da referência, não diferem significativamente desta, pelo teste de Dunnett.

TABELA 39

Características sensoriais da "tortilla" preparada com misturas de farinha de sorgo¹, cultivar 145, e farinha de milho "nixtamalizada".

Atributo	Porcentagem de farinha de milho na "tortilla"							DMS (5%) ²
	0	10	20	30	40	50	100	
Cor	5,05 ^b	6,19 ^a	5,45 ^b	6,83 ^a	6,87 ^a	6,53 ^a	7,26 ^{a³}	1,48
Aroma	5,99 ^a	6,36 ^a	6,28 ^a	6,73 ^a	7,03 ^a	6,96 ^a	7,06 ^a	1,73
Sabor	5,99 ^a	6,54 ^a	6,03 ^a	5,74 ^a	6,91 ^a	6,30 ^a	6,45 ^a	1,61
Textura	6,83 ^a	7,02 ^a	6,55 ^b	6,97 ^a	7,85 ^a	7,46 ^a	6,97 ^a	1,57

¹ : decorticado por 1 minuto extrusada.

² : D.M.S. (5%) = diferença mínima significativa do teste bicaudal de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade.

³ : Para cada atributo as médias das misturas acompanhadas da mesma letra da referência, não diferem significativamente desta, pelo teste de Dunnett.

20% de farinha de milho. Estes resultados indicaram que a remoção das camadas externas do grão, melhorou substancialmente as características sensoriais das "tortillas".

6.3. Cor das "tortillas" elaboradas com farinhas instantâneas de sorgo e suas misturas com farinha de milho "nixtamalizada".

De uma maneira geral a cor das "tortillas" produzidas com as misturas diferiu significativamente em relação a referência em todos os tratamentos ensaiados (Tabelas 40, 41, 42 e 43).

Na Tabela 44 são apresentados os resultados obtidos na diferença total da cor (DE) das "tortillas" elaboradas com as diferentes misturas de farinhas instantâneas de sorgo e farinha de milho "nixtamalizada". As farinhas do cultivar 9A mostraram as menores diferenças em relação à referência, notadamente no nível de substituição de 50%. Não foi observado um comportamento genérico a medida que o nível de substituição de farinha instantânea de sorgo na mistura aumentou. Estes resultados mostraram que existem diferenças na cor das "tortillas" e que estas dependem das condições do processamento.

6.4. Textura das "tortillas".

Os valores da textura das "tortillas" determinados nas 4 amostras de sorgo e suas respectivas misturas com farinha de milho (Tabela 45), mostraram que existem diferenças significativas em relação à referência. Em geral, a medida que aumentou o nível de

TABELA 40

Cor¹ da "tortilla" preparada com misturas de farinha de sorgo, integral extrusada cultivar 9A, e farinha de milho "nixtamalizada".

Cor	Porcentagem de farinha de milho na "tortilla"							DMS (5%) ²
	0	10	20	30	40	50	100	
L	49,10 ^b	45,80 ^b	48,03 ^b	47,11 ^b	48,80 ^b	50,92 ^b	53,07 ^{a³}	0,07
a	1,45 ^b	1,74 ^a	1,76 ^a	1,87 ^b	1,93 ^b	1,53 ^b	1,70 ^a	0,07
b	13,05 ^b	11,51 ^b	12,25 ^b	12,49 ^b	13,33 ^b	13,36 ^b	14,36 ^a	0,04

¹ : Determinada com o espectrofotômetro Hewlett Packard.

² : D.M.S.(5%) = diferença mínima significativa do teste bicaudal de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade.

³ : Para cada atributo as médias das misturas acompanhadas da mesma letra da referência, não diferem significativamente desta, pelo teste de Dunnett.

TABELA 41

Cor¹ da "tortilla" preparada com misturas de farinha sorgo², cultivar 9A, e farinha de milho "nixtamalizada".

Cor	Porcentagem de farinha de milho na "tortilla"							DMS (5%) ³
	0	10	20	30	40	50	100	
L	50,80 ^b	46,88 ^b	49,25 ^b	51,91 ^b	52,01 ^b	51,80 ^b	53,07 ^{a4}	0,20
a	1,44 ^b	0,03 ^b	0,41 ^b	0,57 ^b	1,68 ^a	2,08 ^b	1,70 ^a	0,04
b	14,66 ^b	14,91 ^b	14,96 ^b	15,23 ^b	16,31 ^b	15,23 ^b	14,35 ^a	0,05

1 : Determinada com o espectrofotômetro Hewlett Packard.

2 : decorticado por 1 minuto < 0,420 mm extrudada.

3 : D.M.S.(5%) = diferença mínima significativa do teste bicaudal de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade.

4 : Para cada atributo as médias das misturas acompanhadas da mesma letra da referência, não diferem significativamente desta, pelo teste de Dunnett.

TABELA 42

Cor¹ da "tortilla" preparada com misturas de farinha de sorgo, integral extrusada cultivar 145, e farinha de milho "nixtamalizada".

Cor	Porcentagem de farinha de milho na "tortilla"							DMS (5%) ²
	0	10	20	30	40	50	100	
L	45,17 _b	46,18 _b	46,33 _b	45,35 _b	50,35 _b	46,55 _b	53,07 _a ³	0,38
a	2,04 _b	2,05 _b	2,46 _b	2,38 _b	2,14 _b	2,68 _b	1,64 _a	0,08
b	10,87 _b	11,84 _b	12,58 _b	12,18 _b	13,60 _b	13,08 _b	14,36 _a	0,05

1 : Determinada com o espectrofotômetro Hewlett Packard.

2 : D.M.S.(5%) = diferença mínima significativa do teste bicaudal de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade.

3 : Para cada atributo as médias das misturas acompanhadas da mesma letra da referência, não diferem significativamente desta, pelo teste de Dunnett.

TABELA 43

Cor¹ da "tortilla" preparada com misturas de farinha de sorgo², cultivar 145, e farinha de milho "nixtamalizada".

Cor Porcentagem de farinha de milho na "tortilla"

	-----D.M.S. 5% ³ -----							
	0	10	20	30	40	50	100	
L	47,29 _b	47,61 _b	50,79 _b	47,52 _b	50,79 _b	47,52 _b	53,07 _a ⁴	0,05
a	1,15 _b	1,64 _b	1,11 _b	2,53 _b	1,91 _b	2,61 _b	1,70 _a	0,08
b	13,20 _b	14,26 _a	15,14 _b	15,36 _b	13,75 _b	14,19 _b	14,36 _a	0,10

1 : Determinada com o espectrofotômetro Hewlett Packard.

2 : decorticado por 1 minuto e extrusado.

3 : D.M.S. (5%) = diferença mínima significativa do teste bicaudal de Dunnnett ao nível de 5% de probabilidade.

4 : Para cada atributo as médias das misturas acompanhadas da mesma letra da referência, não diferem significativamente desta, pelo teste de Dunnnett.

TABELA 44

Diferença total da cor¹ das "tortillas" elaboradas com misturas de farinhas extrusadas de sorgo e farinha de milho "nixtamalizada" em relação à referência.

Amostra	Porcentagem de farinha de milho na "tortilla"						
	0	10	20	30	40	50	100
9A integral	3,7	7,4	5,1	5,7	4,1	2,2	
15% de umidade	$\pm 0,1^2$	$\pm 0,0$	$\pm 0,0$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,0$	
130 rpm							
9A decorticado	7,3	6,1	4,0	2,2	3,3	1,9	
1 minuto, <0,42 mm	$\pm 0,2$	$\pm 0,0$	$\pm 0,0$	$\pm 0,1$	$\pm 0,0$	$\pm 0,1$	
15% de umidade							
145 integral	10,9	9,2	8,8	9,7	5,0	8,4	
	$\pm 0,0$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,0$	$\pm 0,1$	$\pm 0,0$	
145 decorticado	7,7	7,3	4,5	7,6	5,5	5,2	
1 minuto, 15% de umidade, 130 rpm	$\pm 0,0$	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,0$	$\pm 0,0$	$\pm 0,0$	

1 : Determinada com o espectrofotômetro Hewlett Packard.

2 : O valor precedido do sinal \pm refere-se ao erro-padrão da média.

TABELA 45

Textura¹ das "tortillas" preparada com misturas de farinha extrusada de sorgo, cultivares 9A e 145, e farinha de milho "nixtamalizada".

Amostra	Porcentagem de farinha de milho na "tortilla"							DMS(5%) ²
	0	10	20	30	40	50	100	
9A integral 15% de umidade 130rpm)	0,706	0,570	0,588	0,741	0,788	0,804	0,602	0,0003
	b	b	b	b	b	b	a ³	
9A decorticado 1 minuto (<0,42mm 15% de umidade)	0,612	0,576	0,631	0,679	0,706	0,762	0,602	0,0057
	b	b	b	b	b	b	a	
145 integral 18% de umidade a 170 rpm)	0,763	0,660	0,683	0,700	0,741	0,863	0,602	0,0004
	b	b	b	b	b	b	a	
145 decorticado 1 minuto 15% de umidade, 130rpm)	0,753	0,697	0,725	0,868	0,869	0,958	0,602	0,0005
	b	b	b	b	b	b	a	

1 : Determinada com o instron.

2 : D.M.S.(5%) = diferença mínima significativa do teste bicaudal de Dunnett ao nível de 5% de probabilidade.

3 : Para cada atributo as médias das misturas acompanhadas da mesma letra da referência, não diferem significativamente desta, pelo teste de Dunnett.

substituição de farinha de sorgo instantânea por farinha de milho, as "tortillas" melhoraram sua textura. "Tortillas" com melhor textura foram obtidas quando foi usado um nível de substituição de 10 e 20%, no caso da farinha obtida da cultivar 9A integral e 10%, no caso da cultivar 9A decorticado 1 minuto < 0,420mm. Estas misturas produziram "tortillas" com melhor textura em relação as demais, provavelmente devido a um diâmetro menor de partículas apresentado pela farinha. Estes resultados diferem dos resultados observados através do teste sensorial, pois neste não foram detectadas diferenças significativas em relação à referência.

Os resultados obtidos em conjunção com os apresentados nas Tabelas 40, 41, 42 e 43, indicaram uma mudança bastante considerável nas características da cor da farinha quando transformada em "tortilla", obtendo-se no caso das "tortillas" elaboradas com as farinhas da cultivar 9A decorticado 1 minuto e <0,420mm e suas misturas e da cultivar 145 decorticado 1 minuto e suas misturas, um aumento nos valores de L^+ (mais brancas) e uma redução dos valores de a^+ (menos verdes). Estes resultados nos indicaram que a remoção das camadas externas do grão, permitiu a obtenção de "tortillas" com melhores características da cor em relação as "tortillas" elaboradas com farinhas de sorgo integral (Figura 3).

Os melhores resultados nas características sensoriais das "tortillas" foram obtidos com as farinhas instantâneas do sorgo decorticado por 1 minuto cultivar 145, extrudado com 15% de umidade e com velocidade da rosca de 130rpm e do sorgo cultivar 9A com frações de partículas menores que 0,420mm decorticado por 1

TORTILLAS INTEGRAIS

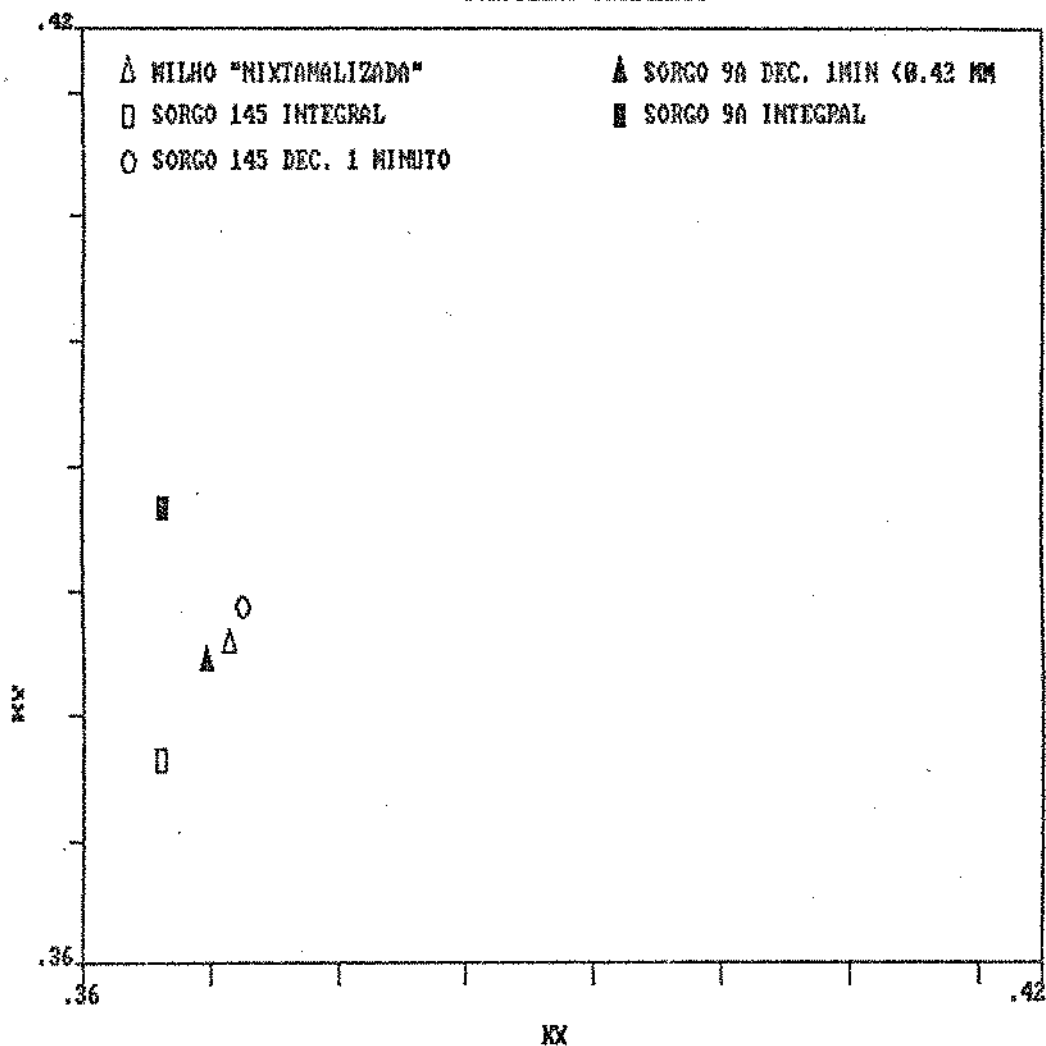


FIGURA 3. Cromaticidade das "tortillas" elaboradas com farinha de sorgo integral e da referência.

minuto e condicionado a 15% de umidade extrusado com 15% de umidade e velocidade da rosca de 130rpm, e suas misturas com farinha de milho "nixtamalizada".

A adição de níveis crescentes de farinha de milho as farinhas integrais de sorgo, melhoraram suas características sensoriais, principalmente a cor. Entretanto, a cor esverdeada apresentada pelas "tortillas" de farinhas integrais não deve ser considerado um fator limitante já que no México existem regiões onde o milho de cor azul e de cor preta, são usados na elaboração de "tortillas" e outros produtos alimentícios a base de milho.

7. EFEITO DO PROCESSO DE EXTRUSÃO E ELABORAÇÃO DE "TORTILLAS" NA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DAS FARINHAS

7.1 Efeito na composição centesimal.

A composição centesimal das farinhas de sorgo selecionadas para o processo de extrusão, farinhas instantâneas e "tortillas" é apresentada nas Figuras 4, 5, 6 e 7 respectivamente. Os maiores teores de proteína foram observados com farinha de sorgo integral.

Os teores de proteína, lipídeo, fibra e amido permaneceram praticamente constantes durante as diferentes etapas do processo, enquanto que o teor de cinza foi ligeiramente maior nas farinhas extrusadas e "tortillas", provocado pela adição de álcali antes do processo de extrusão.

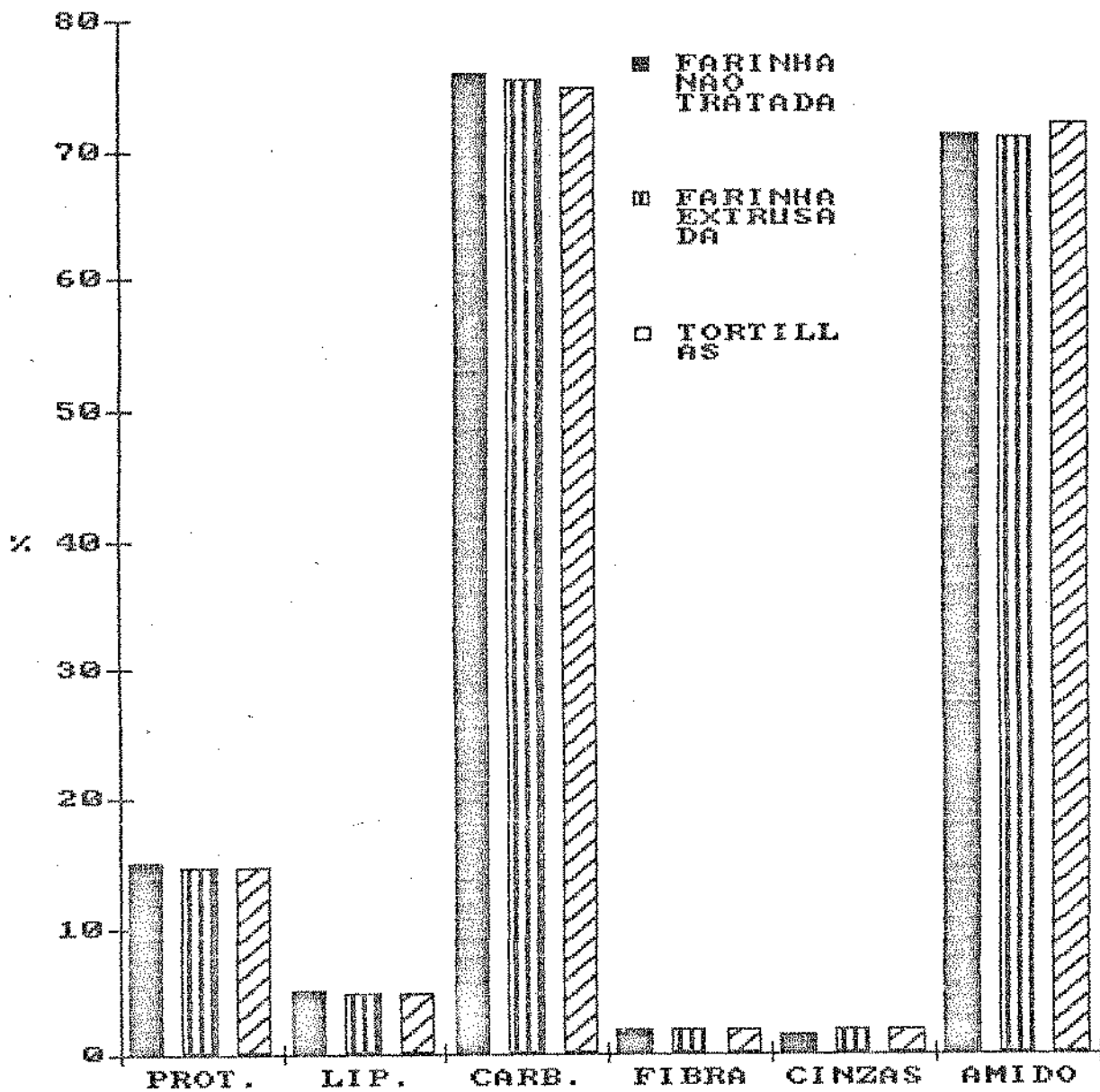


FIGURA. 4 Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" na composição centesimal da farinha de sorgo integral cultivar 9A.

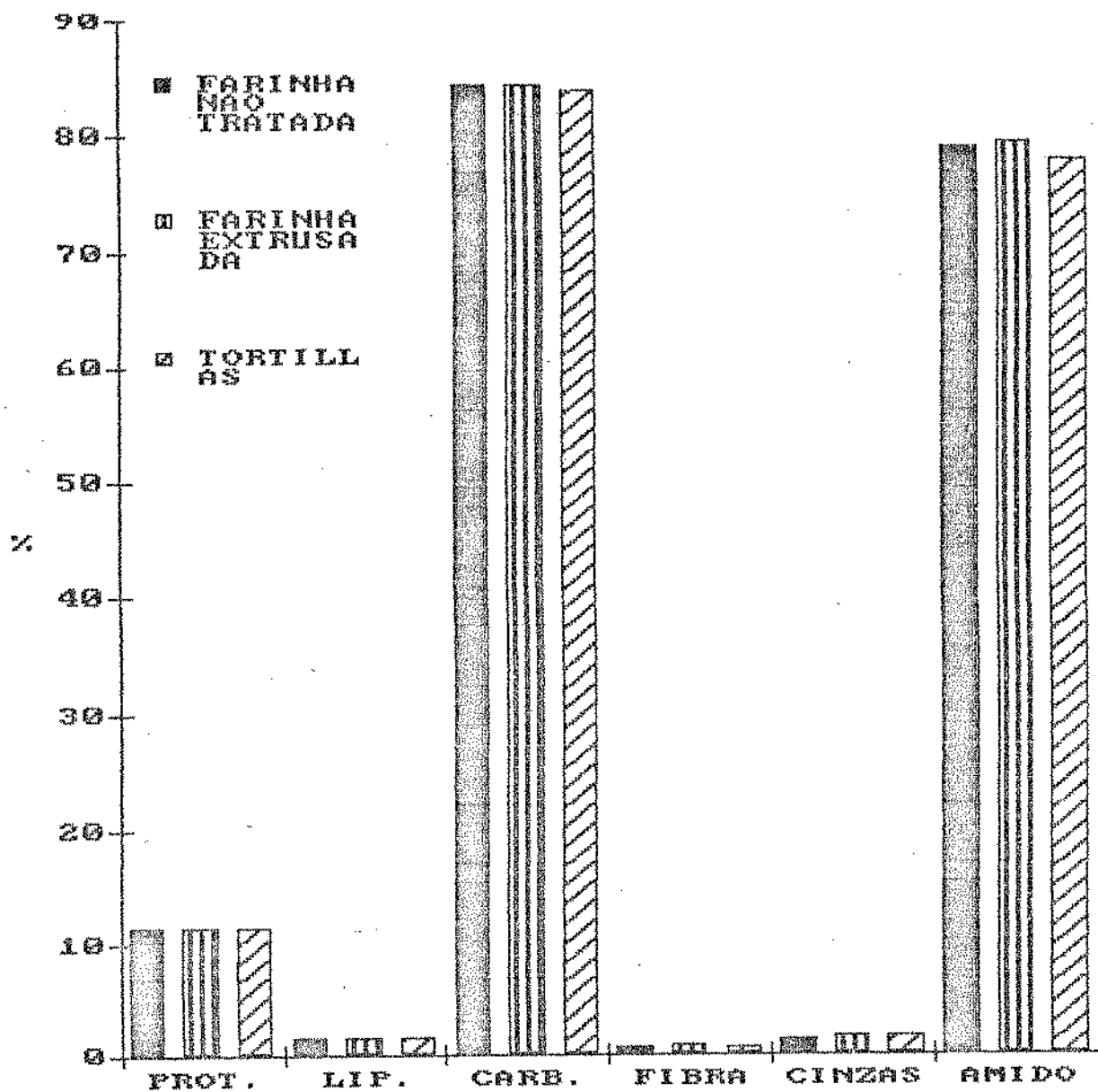


FIGURA. 5 Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" na composição centesimal da farinha de sorgo, cultivar 9A, decorticado por 1 minuto e condicionado a 15% de umidade < 0,420mm

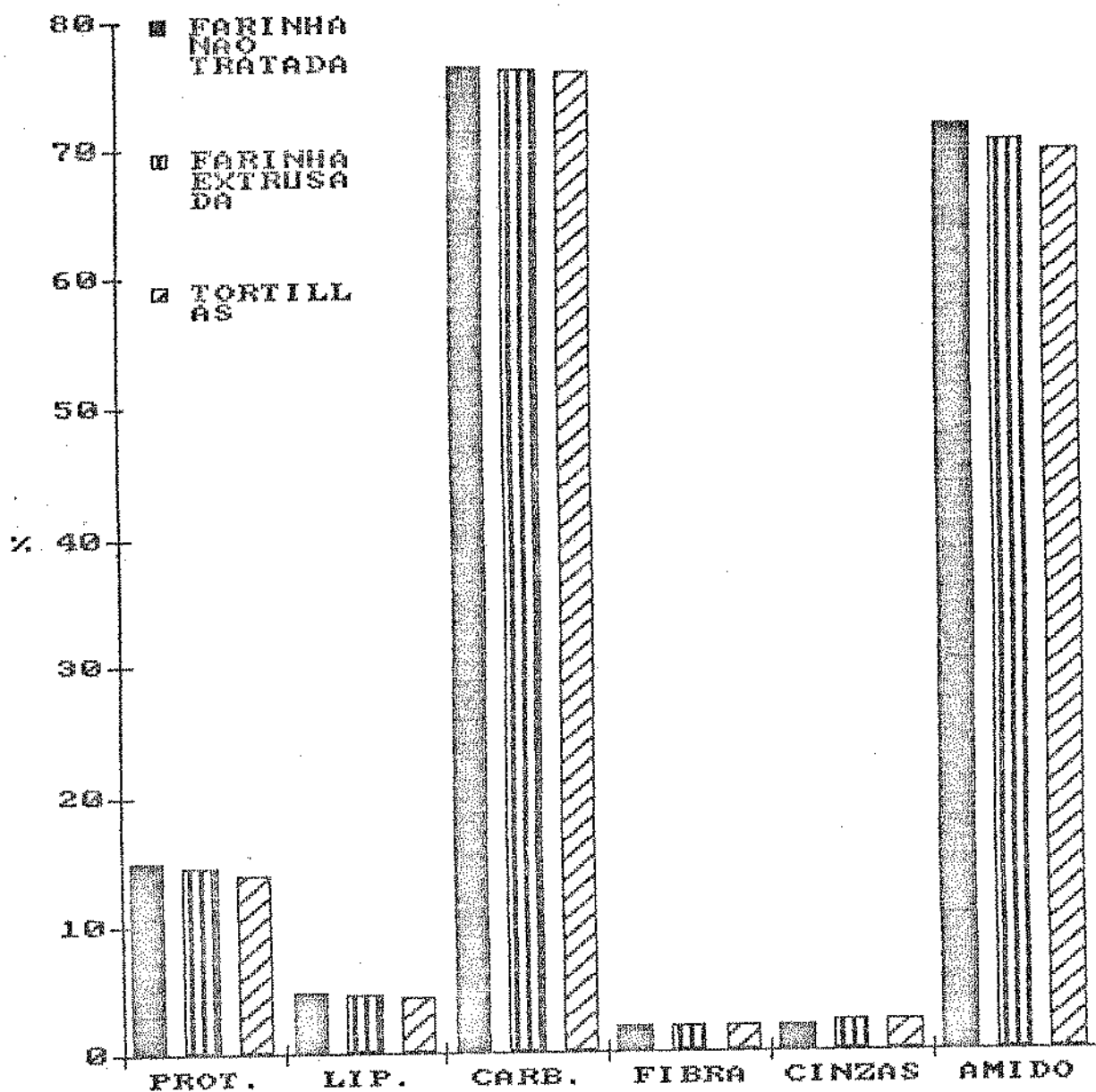


FIGURA. 6 Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" na composição centesimal da farinha de sorgo, integral cultivar 145.

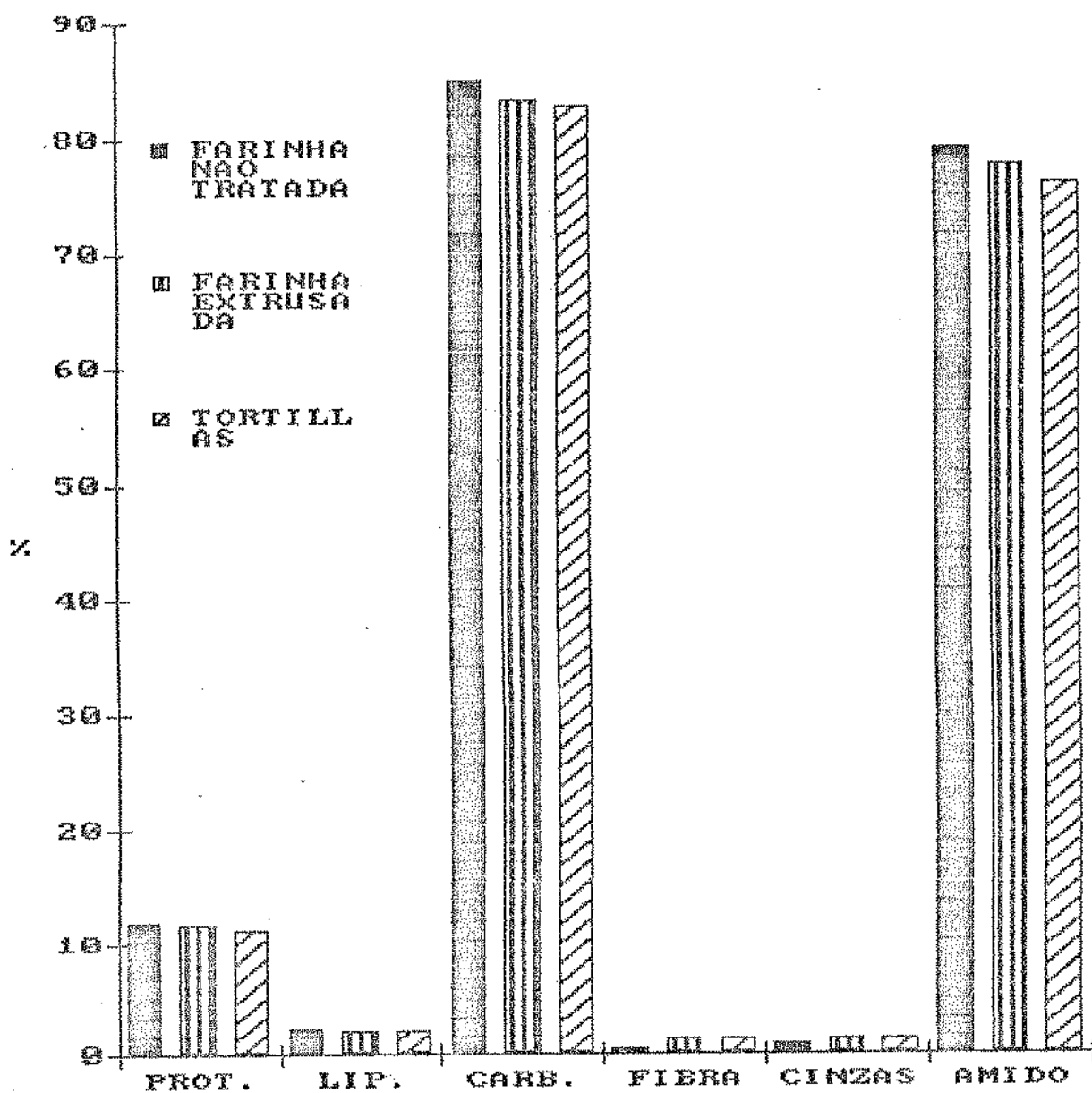


FIGURA. 7 Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" na composição centesimal da farinha de sorgo, cultivar 145, decorticado por 1 minuto.

7.2. Efeito no teor de vitaminas e minerais.

Os teores de algumas vitaminas das farinha de sorgo selecionada para o processo de extrusão, de sua respectiva farinha extrusada e "tortillas" é apresentado nas Figuras 8, 9, 10 e 11, respectivamente para a farinha integral e farinha de sorgo decorticado, cultivar 9A e 145. O teor de alguns minerais destas mesmas amostras, são apresentados nas Figuras 12, 13, 14 e 15. Os teores de tiamina riboflavina e niacina foram reduzidos durante as etapas de extrusão e elaboração de "tortillas", sendo a tiamina a mais afetada.

A adição de álcali provocou um aumento considerável no teor de cálcio, tornando assim a "tortilla" uma fonte desse mineral para a população consumidora deste produto.

O teor de fósforo aumentou durante o processo de extrusão e elaboração de "tortillas", observando-se um efeito contrário em relação ao conteúdo de ferro.

7.3. Efeito no teor de aminoácidos.

O teor de aminoácidos das farinhas de sorgo selecionadas para o processo de extrusão, de sua respectiva farinha extrusada e "tortillas" é apresentado nas Figuras 16, 17, 18, e 19.

Os resultados obtidos mostraram perdas no teor de aminoácidos essenciais e dos não essenciais durante o processo de extrusão e elaboração de "tortillas". Os aminoácidos essenciais que não sofreram perdas foram a metionina, isoleucina, e leucina.

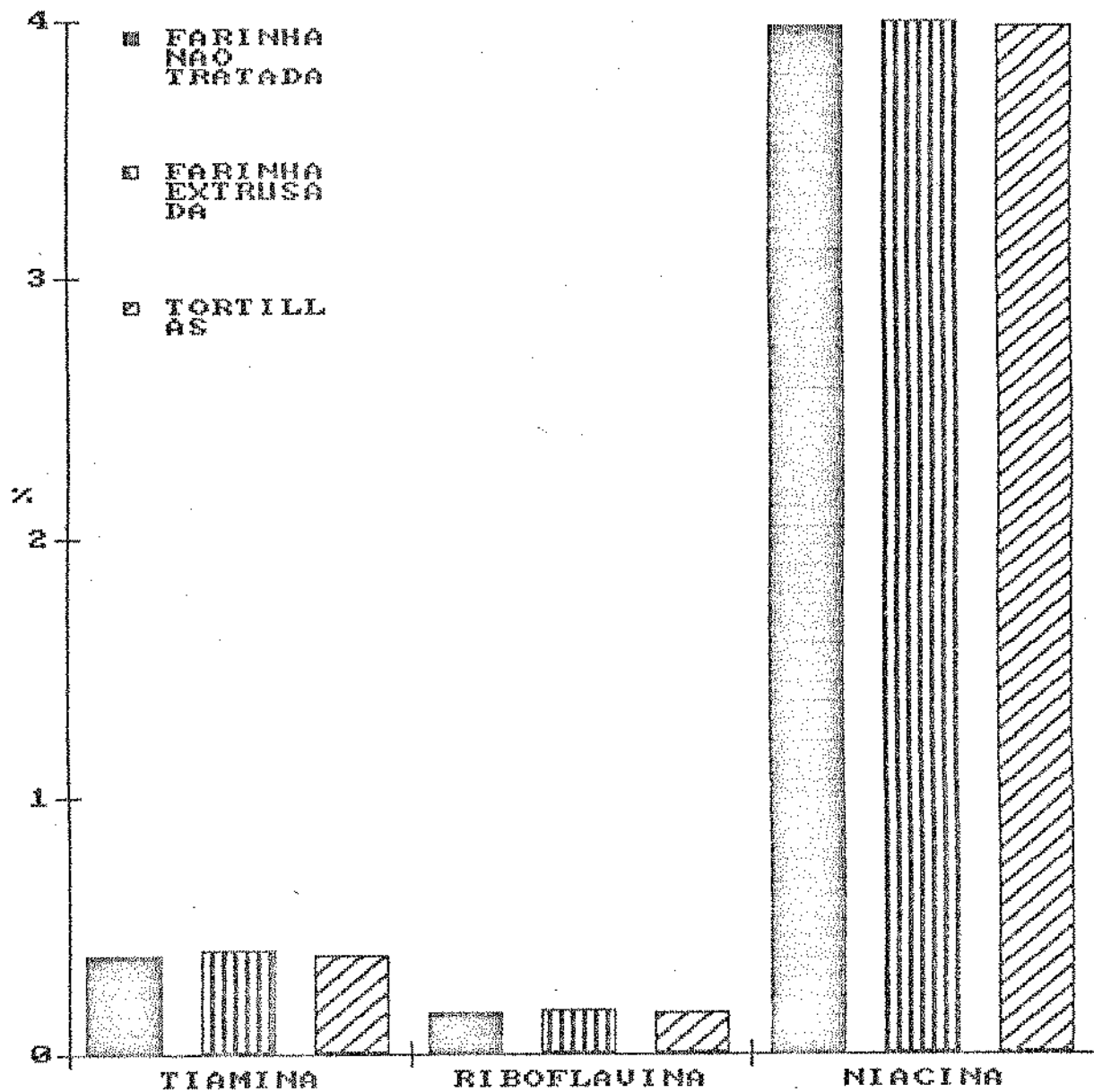


FIGURA 8. Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" no teor de vitaminas da farinha de sorgo integral cultivar 9A.

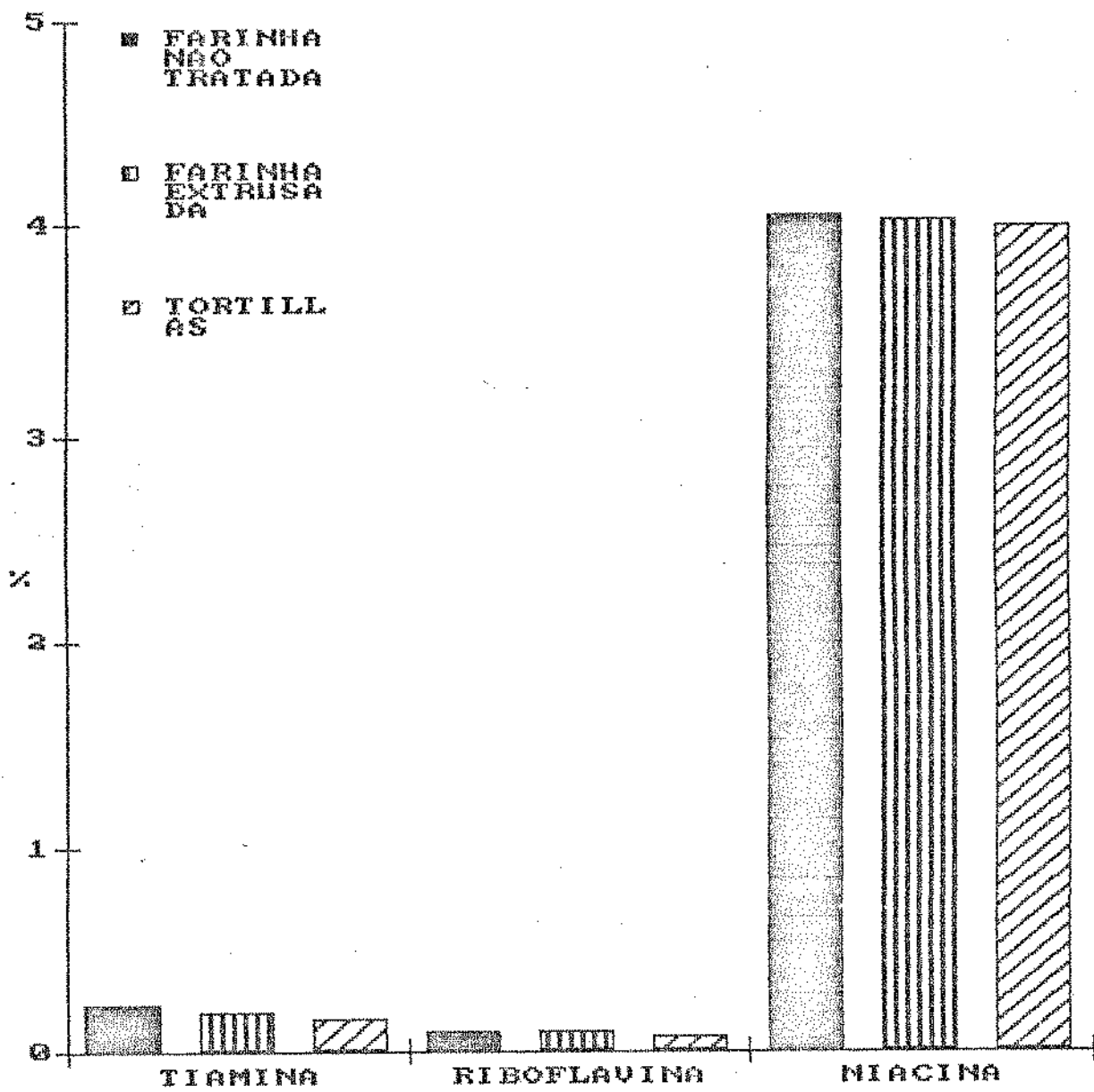


FIGURA 9 . Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" no teor de vitaminas da farinha de sorgo, cultivar 9A, decorticado por 1 minuto e condicionado a 15% de umidade < 0,420mm.

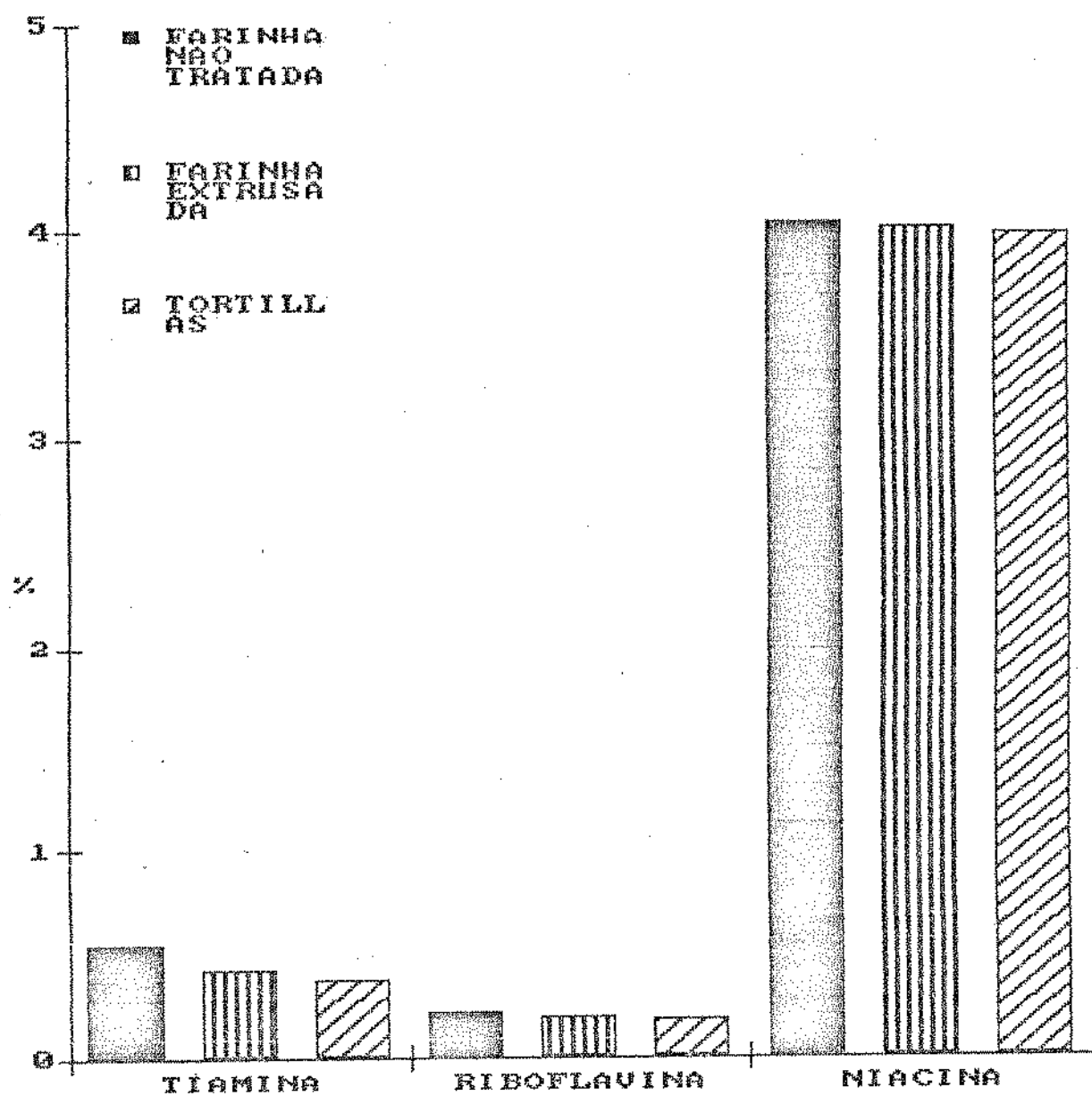


FIGURA 10. Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" no teor de vitaminas da farinha de sorgo, integral cultivar 145.

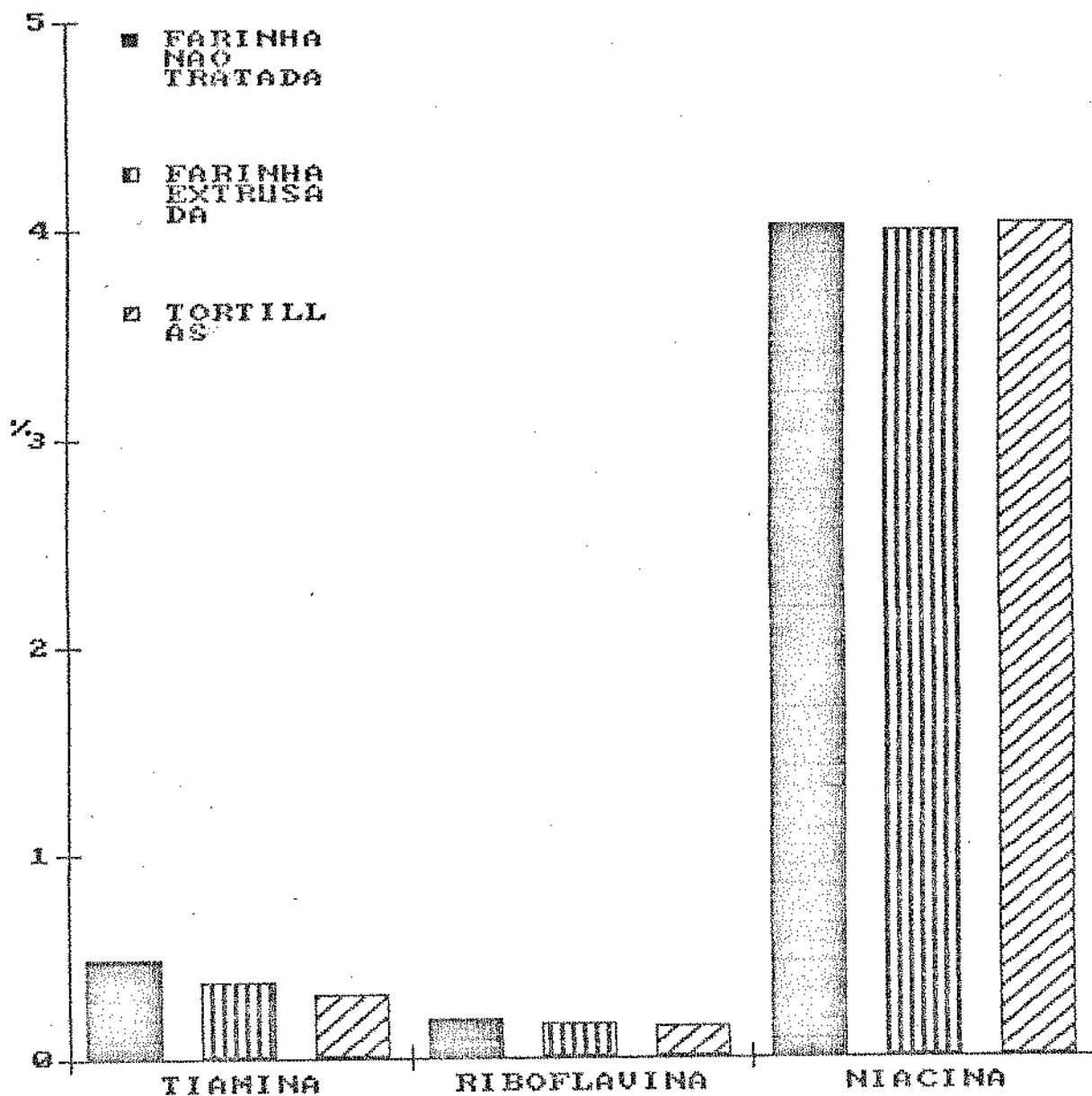


FIGURA 11. Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" no teor de vitaminas da farinha de sorgo, cultivar 145, decorticado por 1 minuto.

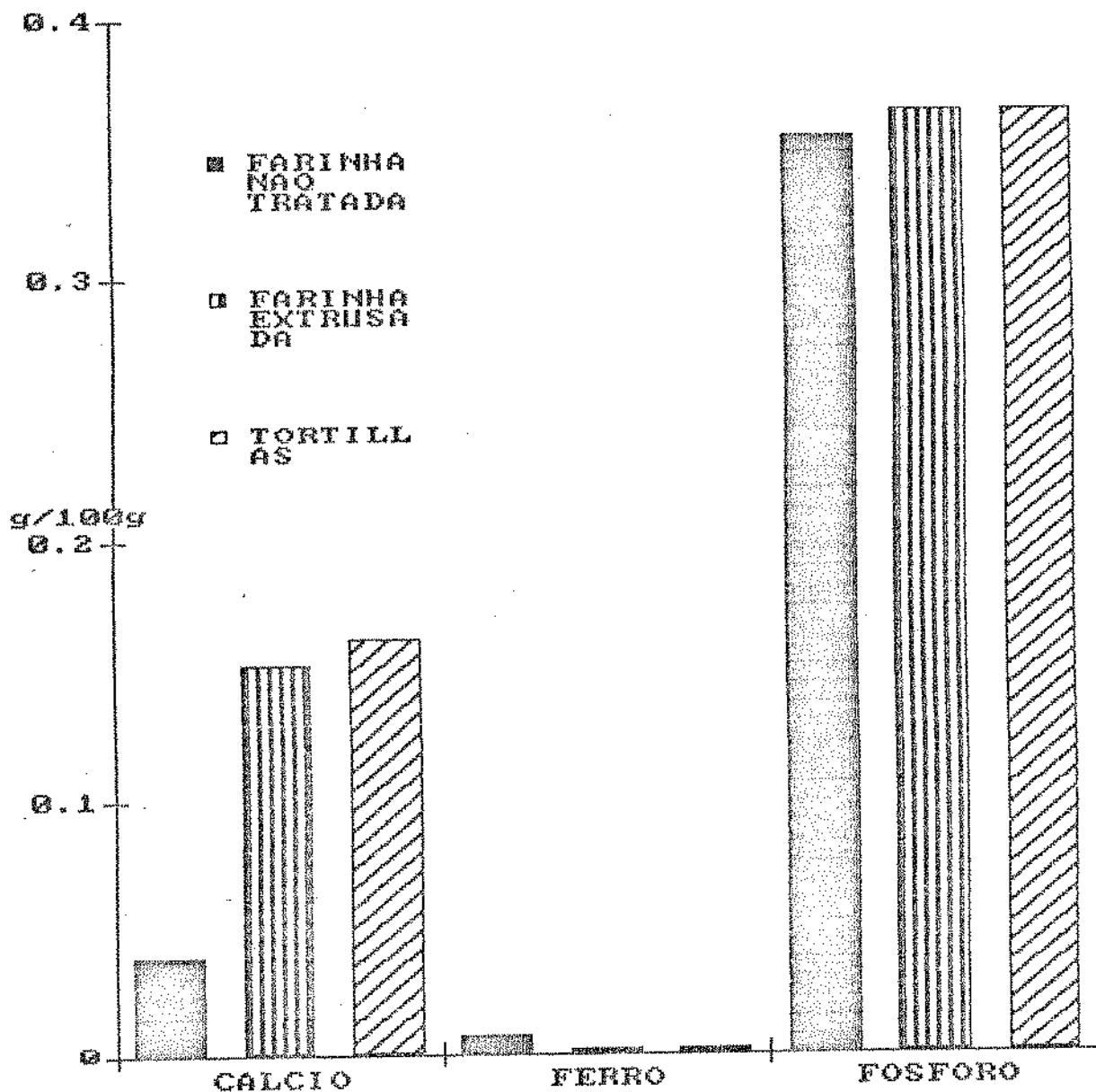


FIGURA 12. Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" no teor de minerais da farinha de sorgo, integral cultivar 9A.

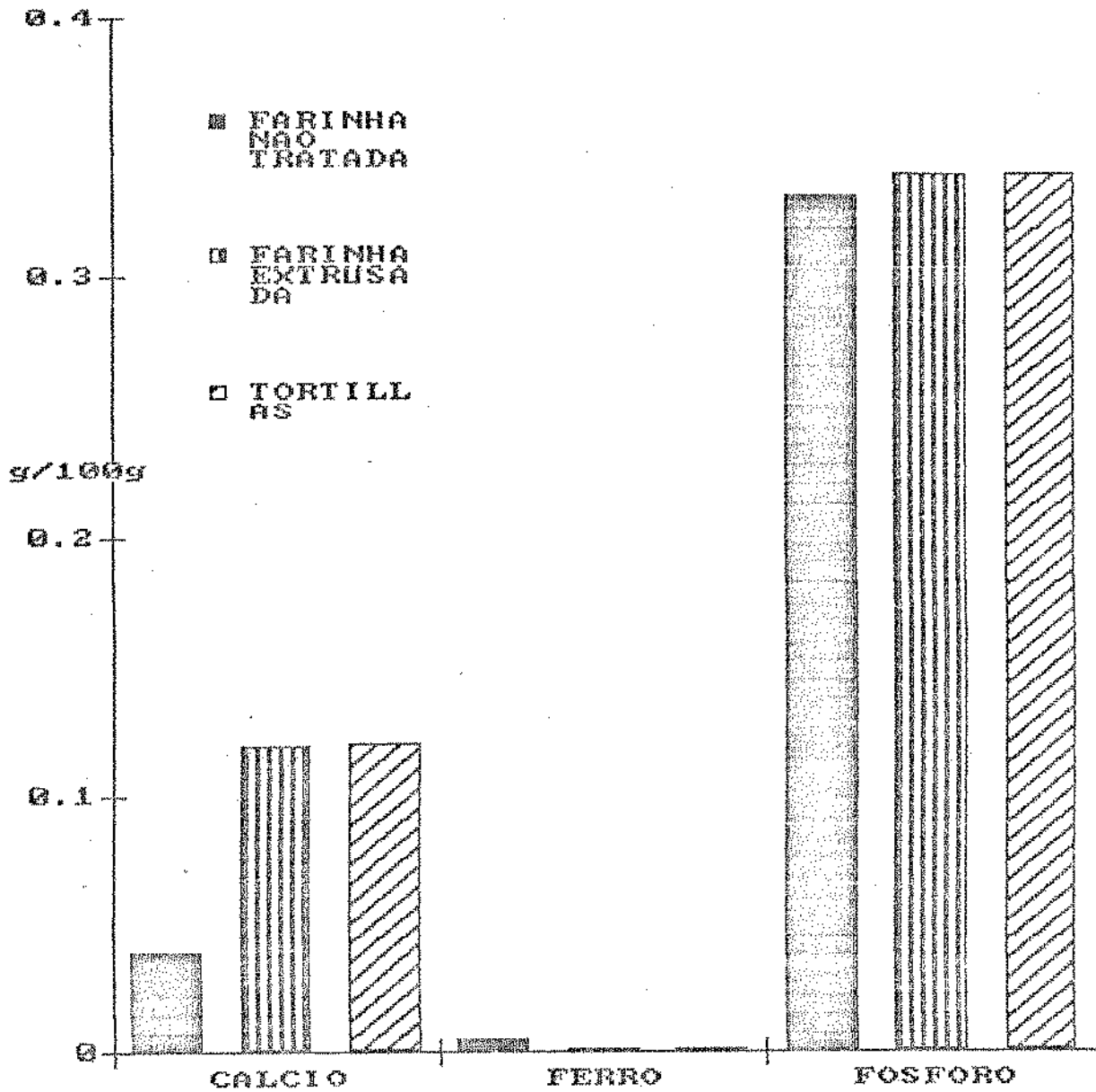


FIGURA 13. Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" no teor de minerais da farinha de sorgo, cultivar 9A, decorticado por 1 minuto e condicionado a 15% de umidade < 0,420 mm.

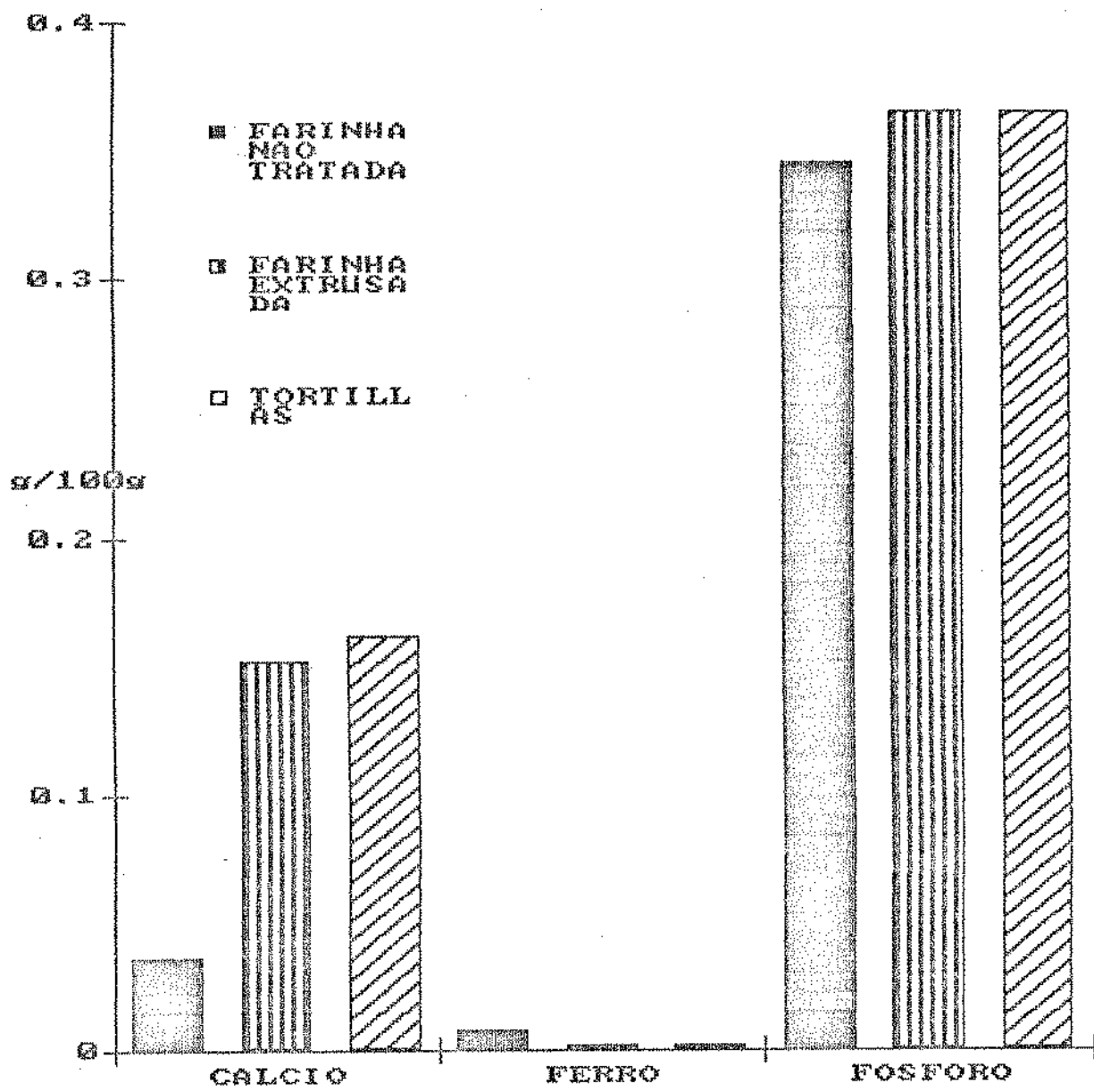


FIGURA 14. Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" no teor de minerais da farinha de sorgo, integral cultivar 145.

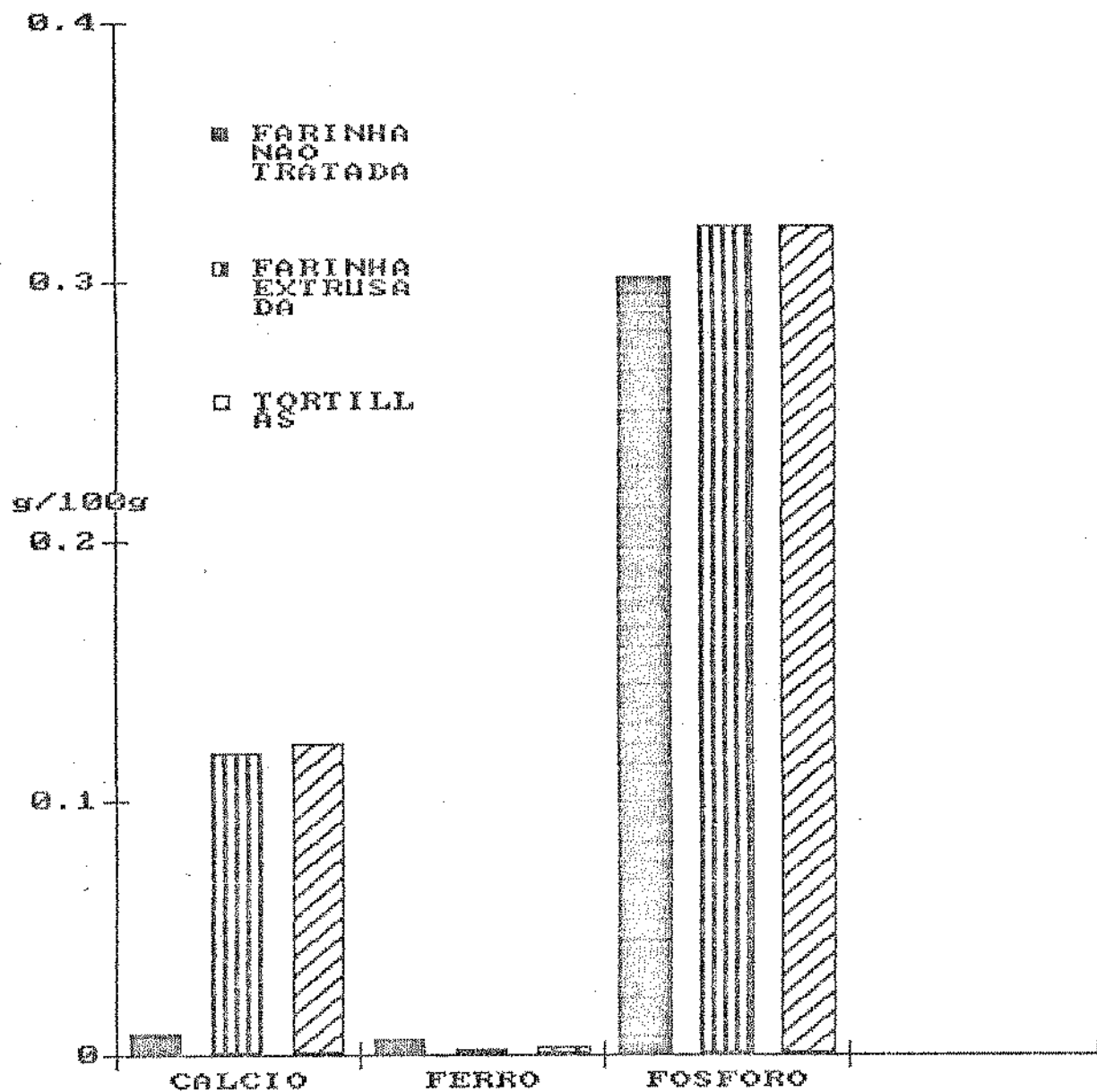


FIGURA 15. Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" no teor de minerais da farinha de sorgo, cultivar 145 decorticado por 1 minuto.

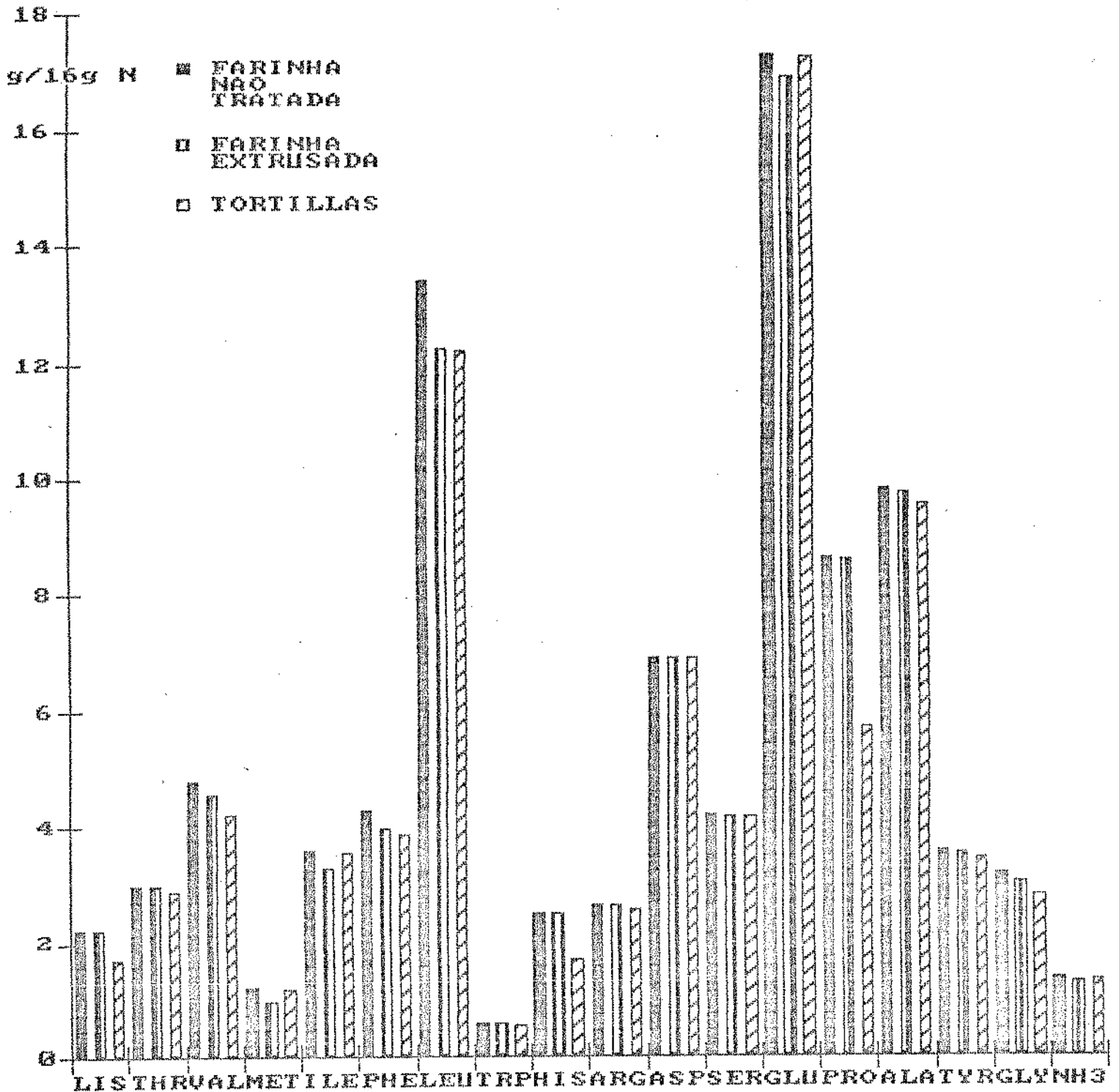


FIGURA 15. Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" no teor de aminoácidos da farinha de sorgo, integral cultivar 9A.

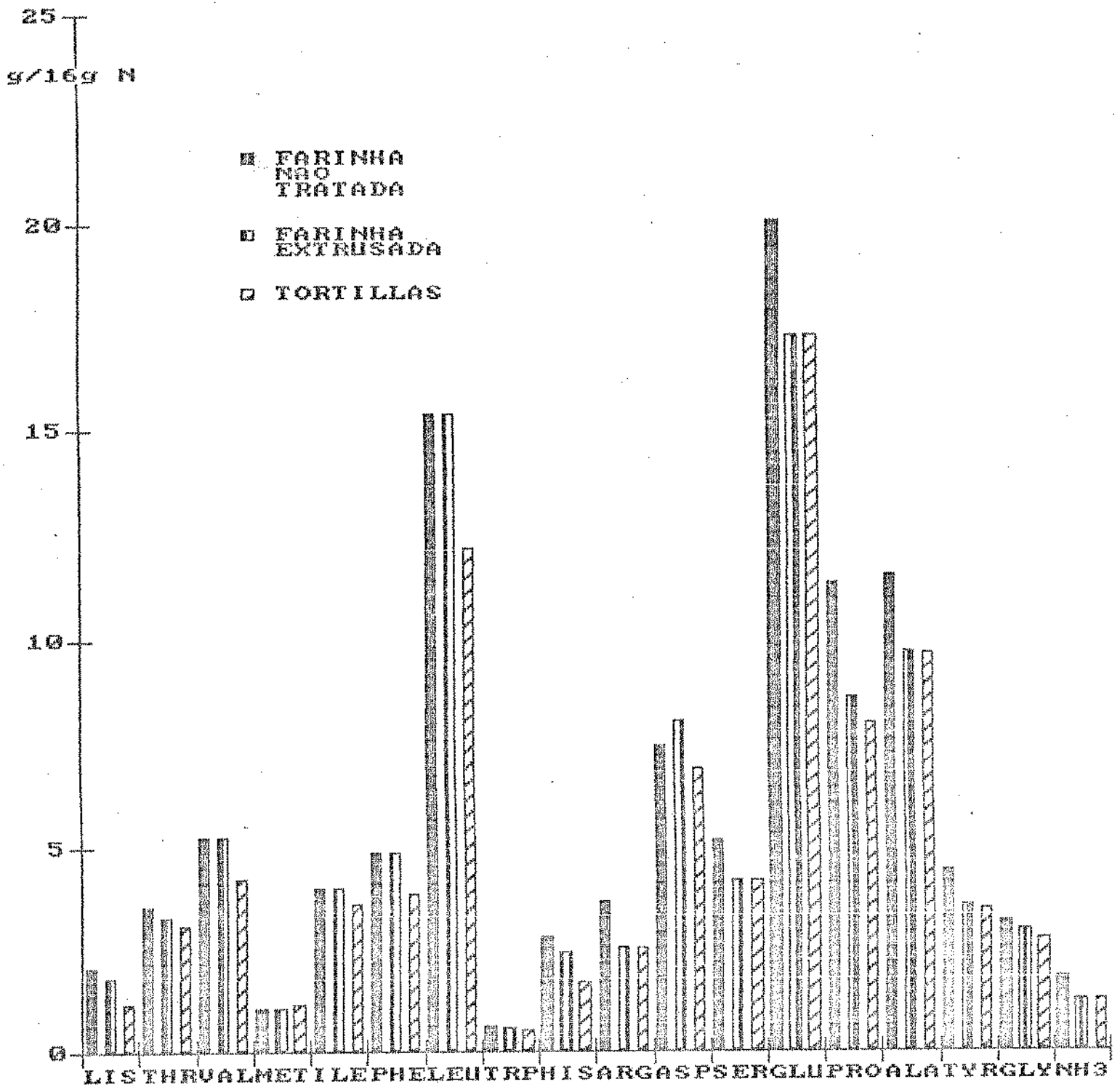


FIGURA 17. Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" no teor de aminoácidos da farinha de sorgo, cultivar 9A, decorticado por 1 minuto e condicionado a 15% de umidade < 0,420mm.

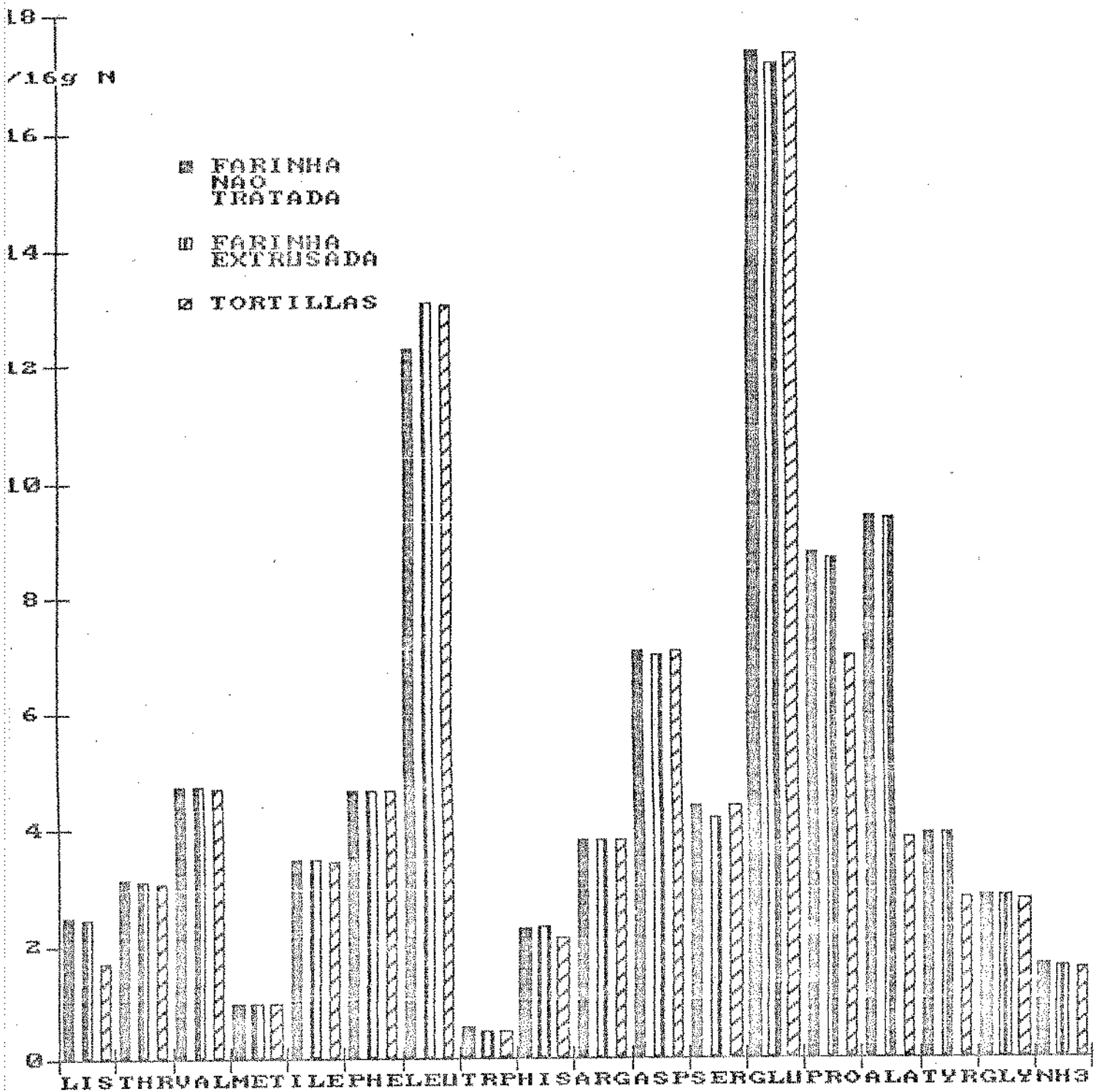


FIGURA 18. Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" no teor de aminoácidos da farinha de sorgo, integral cultivar 145.

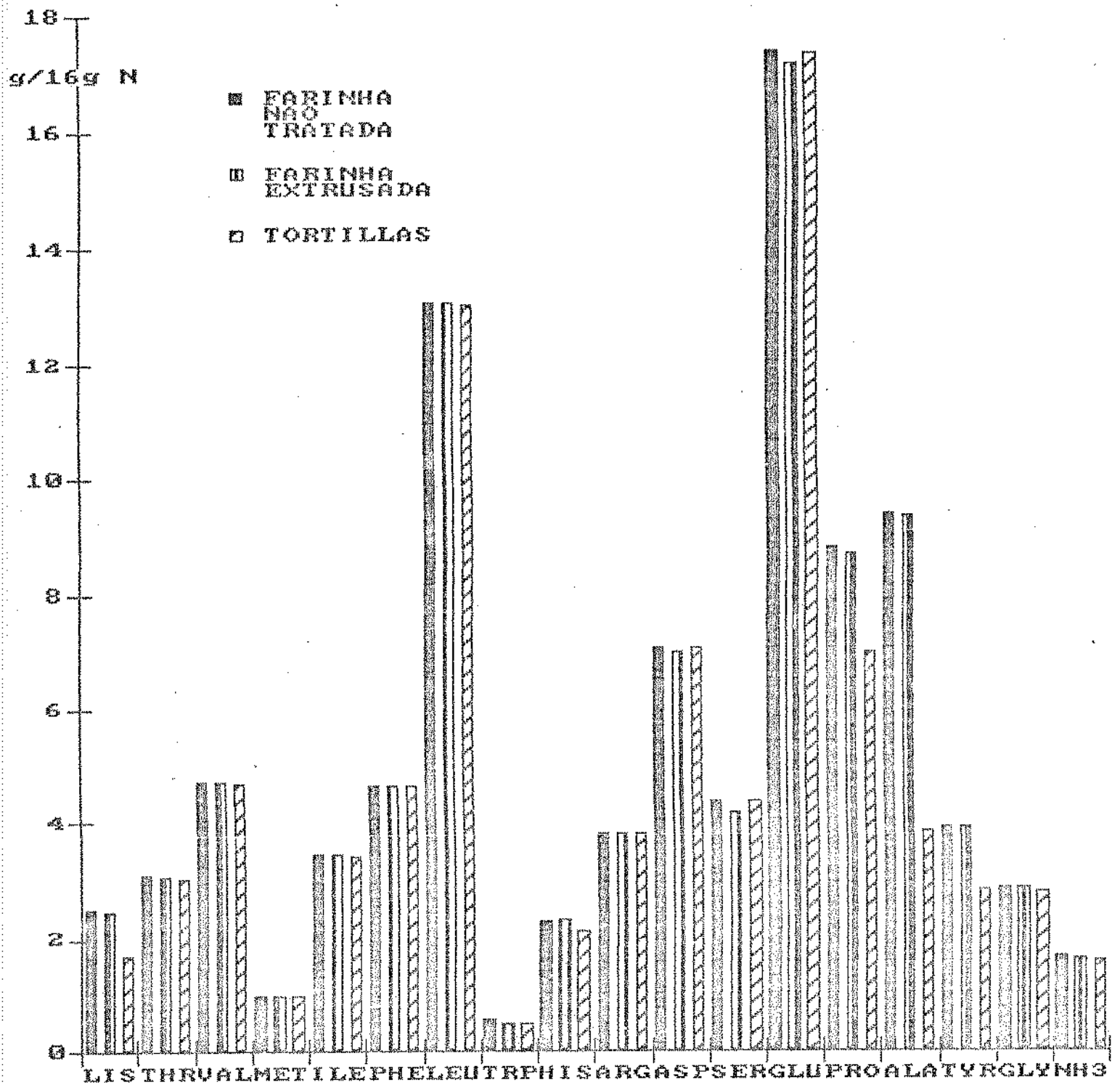


FIGURA 19. Efeito do processo de extrusão e da elaboração de "tortillas" no teor de aminoácidos da farinha de sorgo, cultivar 145, decorticado por 1 minuto.

V. CONCLUSÕES

As técnicas preliminares usadas (teste de álcali e presença de testa) para determinar a presença de taninos e fenóis mostraram ser efetivas na seleção de cultivares de sorgo para elaboração de "tortillas".

A decorticação dos grãos de sorgo durante 1 minuto na câmara de brunimento da beneficiadora foi eficiente em separar, grande parte das camadas externas do grão, e conseqüentemente a remoção de diversos componentes indesejáveis presentes em alta concentração na periferia do grão (taninos, fenóis, lipídeos, fibras e cinzas).

O grau de remoção da casca foi considerado adequado e de aproximadamente 20% do peso do grão, nas 2 cultivares. Este nível de decorticação permitiu conservar uma alta porcentagem de proteína do germe, aminoácidos, vitaminas e minerais, assim com também um melhoramento na cor da farinha.

O condicionamento dos grãos decortificados e posterior moagem em moinho de rolos permitiu a obtenção de frações com diferente tamanho de partículas e composição química, possibilitando o uso de frações com partículas menores que 0,420 mm na obtenção de farinhas instantâneas destinadas à elaboração de "tortillas".

As análises de taninos e fenóis, composição centesimal, cor, rendimento de decorticação e condicionamento dos grãos decortificados, permitiu selecionar 3 amostras de cada uma das duas variedades em estudo (farinha integral de sorgo; farinha de sorgo decortificado por 1 minuto; farinha de sorgo decortificado por 1

minuto, condicionada a 15% de umidade e com granulometria < 0,420 mm) para serem usados no processo de extrusão para elaboração de farinhas instantâneas para "tortillas".

As condições de extrusão selecionadas, para a obtenção de farinhas instantâneas para "tortillas" foram : 0,15% de Ca(OH)_2 em relação ao peso seco da farinha, teor de umidade de 15 ou 18% na matéria-prima, taxa de compressão de 1:1, temperatura das 3 zonas de extrusão 80, 100, e 100 °C, velocidade da rosca 130 ou 170 rpm e matriz de 5mm.

A adição de 10% de farinha de milho "nixtamalizada" as farinhas de sorgo extrusadas permitiu obter "tortillas" com características similares à de farinha de milho "nixtamalizada".

As etapas de extrusão e elaboração de "tortillas" provocaram mudanças na cor e composição química em relação a matéria-prima observando-se, basicamente, uma ligeira perda no conteúdo de vitaminas (tiamina, niacina e riboflavina) e alguns aminoácidos, e um aumento no conteúdo de cálcio e fósforo.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- 1 AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMIST (AACC), Approved methods of the AACC 8^a Ed., St. Paul Minn., 1976.
- 2 ANDERSON, R. A. & BURBRIDGE, L. M., Integrated process for dry milling grain sorghum, NorthWest Miller, 278 (6) : 24, 1971.
- 3 -----; CONWAY, H. F.; PFEIFER, U. F. & GRIFFIN, E. L., Gelatinization of corn grits by roll and extrusion-cooking, Cereal Sci. Today, 14 (1) : 4-7, 11-12, 1969a.
- 4 -----; -----; -----, Roll and extrusion-cooking of grain sorghum grits, Cereal Sci. Today 14 : (11) 372-381, 1969b.
- 5 -----; MONTGOMERY, R. R. & BURBRIDGE, L. H., Low-fat endosperm fractions from grain sorghum, Cereal Sci. Today 14 (11) : 366-368, 1969c.
- 6 ARMSTRONG, W. D.; J. C. ROGLER & W. R. FEATHERSTON, Effect of tannin extraction on the performance of chicks fed bird resistant sorghum grain diets, Poult. Sci. 53 : 714-720, 1974.
- 7 ARNON, I., Crop production in dry regions, Vol. II, Systematic treatment of the principal crops, Leonard Hill, London, 1972.
- 8 ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC), Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, 11 ed. Washington, D.C., 1975.
- 9 AXTELL, J. D., Recommendations of the symposium. In :

- Rooney, L. W.; Murty, D. S., ed. Proceedings of the international symposium on sorghum grain quality, ICRISAT Center. October 28-31, Patancheru, India, 1981, p. 397-400
- 10 BEDOLLA, S., Development and characterization of an instant tortilla flour from sorghum and maize by infra-red cooking (micronizing) and extrusion cooking. Dissertation submitted to the graduate college of Texas A & M University. Doctor of philosophy, 1983, p. 120.
- 11 BEDOLLA, S.; GONZALEZ DE PALACIOS, M.; KHAN, M. N. & ROONEY, L. W., The cooking characteristics of sorghum and corn for tortilla preparation for traditional methods. In : Proceedings of the INTSORMIL. Sorghum grain quality workshop for Latin America . INIA-ICRISAT/CIMMYT. El Batán, México, 56-79, 1982.
- 12 BIDWELL, G. L.; BOPST, L. E. & BOWLING, J.D., A physical and chemical study of milo and feterita kernels, United States Department of Agriculture, Bulletin N°. 1129, 1922.
- 13 BLIGH, E. C. & DYER, W. J., A rapid method of total lipid extraction and purification, Canad. J. Biochem. 37 : 911-913, 1959.
- 14 BRESSANI, R.; ELIAS, L. G.; AILWOOD PAREDas, A. E. & HUEZO, T., Processing of sorghum by lime-cooking for the preparation of tortillas. In : DAV Dendy Chairman, 1977, ICC Study Group 32 ed. Proceedings of a symposium on sorghum and millets for human food Held at the 9th Congress of the International Association for Cereal Chemistry in Viena 11-12 th May, 1976, p. 21-26.

- 15 CHANG, S. I. & FULLER, H. L., Effect of tannin content of grain sorghums on their feeding value for growing chicks, Poult. Sci. 43 : 30-38, 1964.
- 16 CHAVAN, J. K.; KADAM, S. S.; GHONSIKAR, C. P. & SALUNKE, D. K., Removal of tannins and improvement of in vitro protein digestibility of sorghum seeds by soaking in alkali, J. Food Sci. 44 (5) : 1319-1321, 1979.
- 17 CHIBBER, B. A. K.; MERTZ, E. T. & AXTELL, J. D., Effects of dehulling on tannin content, protein distribution, and quality of high and low tannin sorghum, J. Agric. Food Chem. 26 679-683, 1978.
- 18 CHOTO, C. E.; MORAD, M. M. & ROONEY, L. W., The quality of tortillas containing whole sorghum and pearled sorghum alone and blended with yellow maize, Cereal Chem. 62 (1) : 51-55, 1985.
- 19 CIACCO, C. F., Moagem do sorgo por via seca; obtenção de farinhas com diferentes composições químicas, Ciênc. Tecnol. Alim. 4 (2) : 181-191, 1984.
- 20 CIATECH., Centro de investigaciones y asistencia tecnológica del Estado de Chihuahua, Curso de cocimiento de granos por extrusión, Chihuahua, México, 1984. 120 p.
- 21 DECHEV, I., The chemical composition and germinating quality of sorghum harvested at various stages of ripeness, Nauch. Tr. Vissh Selkostop., Inst. Vasil Kolarov 22 (1) : 27-31, 1973
- 22 DEL VALLE, F. R., Producción industrial, distribución y mercadeo de la harina para tortillas en México, Mexicana de jugos y sabores, S.A. Monterrey, N.L. México. In :

- Bresani, R., Mejoramiento nutricional del maiz, Instituto de nutrición de Centro américa y Panamá, INCAP, Guatemala, C.A. 1972.
- 23 DESIKACHAR, H. S. R., Pearling and milling studies on sorghum, In : Rooney, L. W.; Murty, D. S., ed. Proceedings of the international symposium on sorghum grain quality, ICRISAT . october 28-31, Patancheru, India, 1981. p. 194-199.
- 24 -----, Processing of sorghum and millets for versatile food uses in India. In : DAV Dendy Chairman, 1977, ICC Study Group 32 ed. Proceedings of a symposium on sorghum and millets for human food. Held at the 9th Congress of the International Association for Cereal Chemistry in Viena 11-12 th May, 1977.p. 41-45.
- 25 -----, Three decades of research on the processing and utilization of food grains, J. Food Sci. and Tech. 17 (1) : 24, 1990.
- 26 DOGGETT, H., Sorghum longmans, Green & Co. Ltd., London SBN 582 466474, 1970
- 27 EGGUM, B. O.; BACHKNUDSEN, K. E.; MUNCK, L.; AXTELL, J. D. & MUKURU, S. Z., Milling and nutritional value of sorghum in Tanzania. In : Rooney, L. W.; Murty, D. S., ed. Proceedings of the international symposium on sorghum grain quality. ICRISAT. Center. october 28-31, Patancheru, India, 1981,p. 211-225.
- 28 FAO. Boletin mensual de estadisticas Vol. 10 n°. 12. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1987.
- 29 FUTRELL, M. & ROBERT, J., Uso de sorgo en el sur de Honduras.

In : INIA-ICRISAT/CIMMYT, Proceedings in the INTSORMIL Sorghum grain quality workshop for Latin America, El Batán, México, 1982.

- 30 GACULA, Jr., M. C., Analysis of incomplete block designs with reference samples in every block. J. Food Sci. 43 (5) : 1461-1466, 1978.
- 31 GUERRA, M. M. J., Desenvolvimento de um processo de moagem de sorgo (*Sorghum bicolor* /L/ Moench) e de produção de farinhas pré-gelatinizadas. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, S. P. Brasil, 1983.
- 32 HAHN, R. R., Dry milling of grain sorghum, Cereal Sci. Today 14 (4) : 234-237, 1969.
- 33 HAHN, R. R., Dry milling and products of grain sorghum. In : Wall, C.J.S. & Ross, W. M., Sorghum production and utilization. AVI Publishing Co. Inc., Westport, Connecticut, USA, 1970. p. 573-601.
- 34 HARPER, J. M., Extrusion of foods. CRC Press. Inc. Boca Raton, Florida. Volume I, 1979. p. 212.
- 35 HOUSE, L. R., "El sorgo Universidad Autonoma Chapingo, México, 1982, 425 p.
- 36 HULSE, J. H.; LAING, E. M. & PEARSON, O. E., Sorghum and millets : Their composition and nutritive value. London, Academic Press, 1980. 1.000 p.
- 37 IRUEGAS, A.; CEJUDO, H. & GUIRAGOSSIAN, V., Screening and evaluation of tortillas from sorghum maize mixtures. In : Rooney, L. W.; Murty, D. S., ed. Proceedings of the international symposium on sorghum grain quality, ICRISAT

Center, october, 28-31, Patancheru, India, 1981, p. 92-99.

- 38 JAMBUNATHAN, R., Improvement of the nutritional quality of sorghum and pearl millet. Food and Nutr. Bulletin 2 (1) : 11-16, 1980.
- 39 JOHNSON, B.A.; ROONEY, L. W. & KHAN, M. N., Tortilla-making characteristics of micronized sorghum and corn flours. J. Food Sci. 45 (3) : 671-674, 1980.
- 40 KAPASI-KAKAMA, J. Some characteristics which influence the yield and quality of pearled sorghum grain. In : DAV Dendy Chairman, 1977, ICC Study Group 32 ed. Proceedings of a symposium on sorghum and millets for human food Held at the 9th Congress of the International Association for Cereal Chemistry in Viena 11-12 th May, 1976, p. 21-26.
- 41 KHAN, M. N.; ROONEY, L. W.; ROSENOW, D. T. & MILLER, F. R., Sorghums with improved tortilla making characteristics. J. Food Sci. 45 (5) : 720-725, 1980.
- 42 KIRLEIS, A. W. & CROSBY, K. D., Sorghum hardness : Comparison of methods for its evaluation. In : Rooney, L. W.; Murty, D. S., ed. Proceedings of the international symposium on sorghum grain quality, ICRISAT Center, october 28-31, Patancheru, India, 1981, 231-241.
- 43 KOFOID, K. D.; MARANVILLE, J. W. & ROSS, W. M., A test for determining the presence of testa in sorghum. Contribution from the Department of Agronomy University of Nebraska and the North Central Region Agricultural Research Service, U. S. Department of Agriculture, Lincoln NE 68583. Published as paper n° 77-846, Abstract Series, Nebraska Agricultural

Experiment Station. Research was conducted under projects 12-009 and 12-097, 1978.

- 44 KRAMER, N. W. & Ross, W.M., Cultivation of grain sorghum in the United States. In : Wall, J. & Ross, W. ed. Sorghum production and utilization, The AVI Publishing Company. Inc. Westport Conn. USA, 1970, p. 1-27.
- 45 MARTIN, J. H., History and classification of sorghum. Sorghum bicolor (Linn.) Moench. Chap. I. In : Wall, J. & Ross, W. ed. Sorghum production and utilization, The AVI Publishing Company. Inc. Westport Conn. USA, 1970, p. 1-27.
- 46 MARTINEZ, B. F., Dureza de sorgo relacionada con la calidad tecnológica de la tortilla. Reporte interno. Laboratorios Centrales de Calidad. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. SARH. Chapingo. México, 1984.
- 47 MAXSON, E. D.; FRYAR, W. B.; ROONEY, L. W. & KRISHNAPRASAD, M. N., Milling properties of sorghum grain with different proportions of corneous to floury endosperm. Cereal Chemistry 48 (3) : 478-490, 1971.
- 48 MAXSON, E. D. & ROONEY, L. W., Evaluation of methods for tannin analysis in sorghum grain. Cereal Chemistry 49 (6) : 719-729, 1972.
- 49 MAXSON, E. D.; CLARK, L. E.; ROONEY, L. W. & JOHNSON, J. W., Factors affecting the tannin content of sorghum grain as determined by two methods of tannin analysis. Crop Sci. 12 : 233-235, 1972.
- 50 MILLER, O. H. & BURNS, E. E., Starch characteristics of selected grain sorghums as related to human foods. J. Food

Sci. 35 (5) : 666-668, 1970.

- 51 MONDRAGON, M. C.; BARME, F. & CALDERON, M., Determinación colorimétrica de triptofano en alimentos. Arch. Latinoam. Nutr. 32 (1) : 79-88, 1982.
- 52 MOORE, S.; SPACKMAN, D. H. & STEIN, W. H., Separation of aminoacids on sulfonad polystirene resins. Anal. Chem. 30 : 1185-1190, 1958.
- 53 MUNCK, L.; BACHKNUDSEN, K. E. & AXTELL, J.D., Milling processes and products as related to kernel morphology. In : Rooney, L. W.; Murty, D. S., ed. Proceedings of the international symposium on sorghum grain quality, ICRISAT Center, october 28-31, Patancheru, India, 1981, p. 200-210.
- 54 NORMAND, F. L.; HOGAN, J. T. & DEOBALD, H. J., Protein content of successive peripheral layers milled from wheat, barley, grain sorghum, and glutinous rice by tangential abrasion. Cereal Chemistry. 42 (4) : 359-367, 1965.
- 55 NOVELLIE, L., Beverages from sorghum and millets. In : DAV Dendy Chairman, 1977, ICC Study Group 32 ed. Proceedings of a symposium on sorghum and millets for human food Held at the 9th Congress of the International Association for Cereal Chemistry in Viena 11-12 th May, 1976, p. 73-77.
- 56 OOMAH, B.; REICHERT, R. D. & YOUNGS, C. G., Recent developments and future research on sorghum at the National Research Council. Canada Progress Report I.D.R.C. 1-16, 1980.
- 57 PERTEN, H., Practical experience in processing and use of millet and sorghum in Senegal and Sudan. Cereal Foods World 28 (11) : 680-683, 1983.

- 58 -----, Specific characteristics of millet and sorghum milling. In : DAV Dendy Chairman, ICC, 1977, Study Group 32 ed. Proceedings of a symposium on sorghum and millets for human food Held at the 9th Congress of the International Association for Cereal Chemistry in Viena 11-12 th May, 1976, p. 21-26.62.
- 59 PIMENTEL, GOMES, F., Componentes principais e correlações canônicas. Nova Odessa-S.P., 1984, 18 p.
- 60 PRICE, M. L. & BUTLER, L. G., Detoxification of high tannin sorghum grain. Nutr. Reports International. 17 (2) ; 229-239, 1978.
- 61 -----;-----, L. G., Rapid visual estimation and spectrophotometric determination of tannin content of sorghum grain. J. of Agricultural and Food Chemistry. 25 : 1268 1273, 1977.
- 62 RAMAN DAO, M. V.; TARA, M. R. & KUTTY KRISHNAN, C. H., Colorimetric estimation of tryptophane of pulses, J. Foo Sci. and Tech. 11 (5) : 213-216, 1974.
- 63 RAGHAVENDRA RAO, S. N. & DESIKACHAR, H. S. R., Pearling as a method of refining jowar and wheat and its effect on their chemical composition, Journal of Food Sci. and Technology 1 : 40-42, 1964.
- 64 RAMIREZ, B. R. F., Elaboración de harinas pré-gelatinizadas de sorgo (*Sorghum bicolor* /L/ Moench) por processo hidrotérmico. Características químicas y usos. Tesis de Licenciatura. Dpto. de Industrias Agrícolas. Universidad Autónoma Chapingo, México, 1984.

- 65 REICHERT, R. D. & YOUNGS, C. G., Dehulling cereal grains and grain legumes for developing countries. I. Quantitative comparison between attrition and abrasive type mills. Cereal Chemistry 53 (6) : 829-839, 1976.
- 66 -----; -----, Dehulling cereal grains and grain legumes for developing countries. II. Chemical composition of mechanically and traditionally dehulled sorghum and millet. Cereal Chemistry 54 (7) : 174-178, 1977.
- 67 -----; -----; OOMAH, B. D. Measurement of grain hardness and dehulling with a multisample tangencial abrasive dehulling device (TADD). In : Rooney, L. W.; Murty, D. S., ed. Proceedings of the international symposium on sorghum grain quality, ICRISAT Center, october 28-31, Patancheru, India, 1981, p. 186-193.
- 68 RIVERA, M. V. M., Sorgo en panificación. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Química. Tesis de Licenciatura, México, 1984.
- 69 Rooney, L. W., A review of the physical properties composition and structure of sorghum grain as related to utilization. In : Pomeranz, Y. Industrial Uses of cereals, Proc. Symp. 58 Annu. Meet. Amer. Ass. Cereal Chemistry, St Paul, Minn., 1973, p. 316-342.
- 70 ROONEY, L. W. & CLARK, L. E., The chemistry and processing of sorghum grain. Cereal Sci. Today. 13 (7) : 258-285, 1968.
- 71 ROONEY, L. W.; GRUAR, W. B. & CATER, C. M., Protein and aminoacid contents of successive layers removed by abrasive milling of sorghum grain. Cereal Chemistry. 49 (4) :

399-406, 1972.

- 72 ROONEY, L. W.; KHAN, M. N. & EARP, C. F., The technology of sorghum products. In : Inglet, G., Recent Progress in Cereal Chemistry : Cereals for Food and Beverages. Academic Press Inc. New York, 513-554, 1980.
- 73 ROONEY, L. W. & MILLER, F. R., Variation in the structure and kernel characteristics of sorghum. Rooney, L. W.; Murty, D. S., ed. Proceedings of the international symposium on sorghum grain quality, ICRISAT Center, october 28-31, Patancheru, india, 1981, p. 143-162. 74 ROONEY, L. W. and SULLINS, R. D. A laboratory method for milling small samples of sorghum grain. Cereal Chemistry 46 (5) : 486-490, 1969.
- 75 ROONEY, L. W. & SULLINS, R. D., The structure of sorghum and its relation to processing and nutritional value. In : DAV Dendy Chairman, 1977, ICC Study Group 32 ed. Proceedings of a symposium on sorghum and millets for human food Held at the 9th Congress of the International Association for Cereal Chemistry in Viena 11-12 th May, 1976, p. 21-26.
- 76 SCHAFFERT, R. E.; LECHTENBERG, V. L.; OSWALT, D. L.; PICKETT, R. C. & RHYKERD, C. L., Effect of tannin on in vitro dry matter and protein disappearance in sorghum grain, 1977, 35-38.
- 77 SCHEURING, J. F.; SIDIBE, S.; ROONEY, L. W. & EARP, F. C., Sorghum pericarps thickness and its relation to decortication in a wooden mostar and pastle. Cereal Chemistry 60(1) : 86-89, 1983.
- 78 SECRETARIA DE PATRIMONIO Y FOMENTO INDUSTRIAL. SPFI, Norma oficial Mexicana. NOM-F-46-5-1980. Harina de maiz

nixtamalizada. Dirección General de Normas.

- 79 SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO. SPP, Las actividades económicas en México. Serie manuales de información básica de la Nación, 1981.
- 80 SEIB, P. A., An introduction to food extrusion. Dpto. of Grain Science and Industry. Kansas State University. Manhattan, KS 66506. 215 p. 1976.
- 81 SHEPHERD, A. D., How a typical sorghum peels. Cereal Chemistry 54 (4) : 301-306, 1981.
- 82 -----, Laboratory abrasive decortivating mill for small grains. Cereal Chemistry. 56 (6) : 517-519, 1979.
- 83 SHOUP, F. K.; DEYOE, C. W.; FARELL, E. P.; HAMMOND, D. L. & MILLER, G. D. Sorghum grain dry milling. Food Technology 24 : 88-92, 1970.
- 84 SILVA, P. M., Elaboración de harinas nixtamalizadas de sorgo (*Sorghum bicolor* L/ Moench) para tortillas. Características químicas y tecnológicas. Tesis de Licenciatura. Dpto. de Industrias Agrícolas. Universidad Autónoma Chapingo. México, 1983.
- 85 SMITH, O. B., Technical aspects of extrusion. Cereal Food World. 24 (4) : 132-140, 1979.
- 86 STRINGFELLOW, A. C. & PELINSKI, A. J., Air classification of sorghum flours from varieties representing different hardnesses. Cereal Sci. Today. 11 (10) : 438-440, 455, 1966.
- 87 TRIPPLES, K. H., Uses and application. In : W. Sheney & K. Tripples. Amilograf Handbook. Eds. American Association of Cereal Chemists, 1980.

- 88 VIRAKTHAMATH, C. S.; RAGHAVENDRA, G. & DESIKACHAR, H. S. R.,
Use of rice milling machinery for commercial pearling of grain
sorghum (jowar) and culinary uses for pearled sorghum
products. J. Foo Sci. Technol. 8 : 11, 1971.
- 89 WALL, J. S. & BLESSIN, C. W., Composition of sorghum plant
and grain. In : Wall, J. & Ross, W. ed. Sorghum production and
utilization, The AVI Publishing Company, Inc. Westport Conn.
USA, 1970, p. 264-266, 268-270, 276.
- 90 WEBER, E. J., Structure and composition of cereal components
as related to their potential industrial utilization. IV.
Lipids. In : Pomeranz, Y., ed., Industrial uses of cereals
161-206. Proc. Symp. 58 Annu. Meet. Amer. Ass. Cereal
Chemistry. St. Paul, Minn., 1973.
- 91 WILLS, R. B. H. & ALI, M. R., Effect of grain size on
dehulling of sorghum. Cereal Chemistry. 60 (1) : 12-14, 1983.
- 92 ZEISS., Automatisches farbmessgerät RFC=3. Operating
instructions. West Germany, 1972.

APÊNDICE A

Questionário da análise sensorial da "tortilla".

TORTILLA

Nome-----Data-----

Prove as amostras e analise cor, aroma, sabor e textura usando as escalas abaixo.

<u>n° amostra</u>	<u>Não Característica</u>	<u>Cor</u>	<u>Característica</u>
_____	_____		
_____	_____		
_____	_____		
_____	_____		
		<u>Aroma</u>	
_____	_____		
_____	_____		
_____	_____		
_____	_____		
		<u>Sabor</u>	
_____	_____		
_____	_____		
_____	_____		
_____	_____		
		<u>Textura</u>	
_____	_____		
_____	_____		
_____	_____		
_____	_____		

Comentários _____

APÊNDICE B

Coeficientes (contribuições das variáveis) dos dois primeiros componentes principais (CP). Cultivar 9A.

Variável	CP ₁	CP ₂
cor L	0,0045	- 0,0208
cor a	0,0029	0,0013
cor b	- 0,0057	- 0,0004
viscosidade TP	0,0364	- 0,0621
viscosidade VM	0,2932	- 0,0485
viscosidade Vzo	0,3708	0,0230
viscosidade VF	0,8804	0,3088
IAA	- 0,0024	- 0,0052
ISA	- 0,0024	- 0,0118
% variação explicada	91,75	5,68

APÊNDICE C

Coeficientes (contribuições das variáveis) dos dois primeiros componentes principais (CP). Cultivar 145.

Variável	CP ₁	CP ₂
cor L	0,0061	- 0,0343
cor a	0,0024	0,0068
cor b	- 0,0220	- 0,0463
viscosidade TP	0,0133	0,0128
viscosidade VM	0,2386	- 0,9538
viscosidade Vzo	0,3894	0,2564
viscosidade VF	0,8892	0,1448
IAA	- 0,0016	- 0,0054
ISA	- 0,0024	- 0,0072
% variação explicada	94,12	4,69

APÊNDICE D

Valores dos dois primeiros componentes principais para os 27 tratamentos e a referência. Cultivar 9A.

Tratamento	CP ₁	CP ₂
Farinha de milho (referência)	857,37	- 23,75
1) sorgo integral 15% 130 rpm	698,27	- 109,72
2) " " " 150 rpm	670,35	- 99,74
3) " " " 170 rpm	677,64	- 112,21
4) " " 18% 130 rpm	692,94	- 92,34
5) " " " 150 rpm	680,75	- 116,91
6) " " " 170 rpm	735,31	- 81,38
7) " " 20% 130 rpm	663,03	- 89,68
8) " " " 150 rpm	630,15	108,43
9) " " " 170 rpm	725,89	- 125,61
10) sorgo decorticado 1'15% 130 rpm	657,63	- 66,50
11) " " " " 150 rpm	611,48	- 83,63
12) " " " " 170 rpm	596,30	- 77,47
13) " " " 18% 130 rpm	657,59	- 66,47
14) " " " " 150 rpm	490,39	- 79,02
15) " " " " 170 rpm	445,41	- 83,63
16) " " " 20% 130 rpm	458,76	- 78,79
17) " " " " 150 rpm	370,59	- 66,08
18) " " " " 170 rpm	366,70	- 75,45
19) sorgo decorticado 1'<0,42 mm 15% 130rpm	671,94	- 170,45

Tratamento	CP1	CP2
20) sorgo decorticado 1' < 0,42 mm 15% 150rpm	645,50	- 148,33
21) " " " " " 170rpm	654,28	- 176,58
22) sorgo decorticado 1' < 0,42 mm 18% 130rpm	545,50	- 94,76
23) " " " " " 150rpm	618,42	- 135,54
24) " " " " " 170rpm	386,86	- 135,79
25) " " " " 20% 130rpm	528,12	- 101,05
26) " " " " " 150rpm	442,38	- 108,97
27) " " " " " 170rpm	315,91	- 114,38

APÊNDICE E

Valores dos dois primeiros componentes principais para os 27 tratamentos e a referência. Cultivar 145.

Tratamento	CP ₁	CP ₂
Farinha de milho (referência)	953,11	- 70,56
1) sorgo integral 15% 130 rpm	674,34	- 146,87
2) " " " 150 rpm	647,14	- 144,92
3) " " " 170 rpm	652,45	- 152,51
4) " " 18% 130 rpm	665,84	--132,07
5) " " " 150 rpm	661,26	- 150,84
6) " " " 170 rpm	749,50	- 117,09
7) " " 20% 130 rpm	647,65	- 133,39
8) " " " 150 rpm	625,93	- 138,80
9) " " " 170 rpm	704,46	- 159,09
10) sorgo decorticado 1'15% 130 rpm	686,08	- 148,14
11) " " " " 150 rpm	640,77	- 160,33
12) " " " " 170 rpm	667,85	- 140,21
13) " " " 18% 130 rpm	525,16	- 103,25
14) " " " " 150 rpm	524,25	- 137,03
15) " " " " 170 rpm	513,88	- 150,79
16) " " " 20% 130 rpm	513,04	- 129,17
17) " " " " 150 rpm	273,15	- 129,88
18) " " " " 170 rpm	650,57	- 107,32
19) sorgo decorticado 1' < 0,42 mm 15% 130rpm	643,82	- 209,56

Tratamento	CP ₁	CP ₂
20) sorgo decorticado 1' < 0,42 mm 15% 150rpm	618,72	- 183,19
21) " " " " " 170rpm	625,77	- 212,18
22) sorgo decorticado 1' < 0,42 mm 18% 130rpm	522,56	- 127,05
23) " " " " " 150rpm	592,58	- 171,04
24) " " " " " 170rpm	363,26	- 150,08
25) " " " " 20% 130rpm	504,17	- 130,86
26) " " " " " 150rpm	419,14	- 125,41
27) " " " " " 170rpm	291,39	- 129,45