

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS E AGRÍCOLA

ESTUDO DE PROCESSOS PARA OBTENÇÃO

DE FARINHAS DE MILHO NUTRIMAIZ

EM ESTADO LEITOSO

Jaime Antonio Fernández Gutiérrez

Orientador:

Dr. Rodolfo D.Reyna

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Alimentos.

Com Amor,

À minha esposa

Q.F.B. Ernestina Romero de Fernández

## AGRADECIMENTOS

O autor expressa sua profunda gratidão aos Professores Doutores: RODOLFO D.REYNA, FREDERICK CARL STRONG III, JOSÉ LUIS AGAPITO - FERNANDES, HERBERT G.WIRTH e AHMED A.EL-DASH, pelas valiosas su gestões e colaboração prestada.

À Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, pelas facili dades concedidas para a execução do trabalho.

Ao Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia (CONACYT), do México, pelo apoio econômico.

Aos Drs. JAVIER PEREZ- VILLASEÑOR e GUSTAVO VINIEGRA da Univer- sidade Autônoma Metropolitana, do México, pela ajuda e apoio prestados.

Ao Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), Departamento de Operações Unitárias, pelas facilidades concedidas para a execução do trabalho.

Ao meu amigo Prof. HUMBERTO PITOLI, pela redação do trabalho.

Às famílias AMÊNDOLA-PIMENTA, OKADA, PITOLI-LAZINHO, JACÓE, pela sua amizade, ajuda e apoio prestados.

Aos meus pais, irmãos e amigos que sempre me incentivaram e apoiaram.

## ÍNDICE

página

ÍNDICE DE DIAGRAMAS E TABELAS	iv
RESUMO	v
SUMMARY	vii
INTRODUÇÃO	ix
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	1
1.A. Aspectos Gerais sobre o Milho	1
1.A.1. Milho Normal	1
1.A.2. Milho Nutrimaiz	3
1.B. Características Nutricionais do Milho Normal e do Milho Nutrimaiz	4
1.C. Estrutura e Composição dos Milhos Normais e Nutrimaiz	5
1.C.1. Estrutura	5
1.C.2. Composição	6
1.D. Produtos de Milho Doce	8
2. MATERIAIS E MÉTODOS	10
2.A. Materiais	10
2.A.1. Matéria Prima	10
2.A.2. Material de Estudo	10

	página
2.A.3. Aparelhos de Laboratório	10
2.A.4. Equipamentos	11
2.B. Métodos	12
2.B.1. Métodos Analíticos	12
2.B.2. Método Experimental Biológico	14
3. PROCESSOS TESTADOS	15
3.A. Separação do Material de Estudo da Matéria Prima	15
3.A.1. Descongelamento e Inativação Enzimática	15
3.A.2. Separação do Cabelo	18
3.A.3. Debulhamento,	18
3.B. Preparação do Grão para Secagem	18
3.B.1. Processo 1: Moinho Coloidal - Centrífuga Contínua	23
3.B.2. Processo 2: "Finisher" - Centrífuga de Cesto	25
3.B.3. Processo 3: "Finisher" - Moinho Coloidal	27
3.C. Obtenção das Farinhas por Secagem	28
3.C.1. Secagem em "Spray-Dryer"	29
3.C.2. Secagem em Secador de Bandejas	33

	página
3.D. Balanço do Material de Estudo	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
4.A. Matéria Prima	40
4.B. Preparação para Secagem do Grão	43
4.B.1. Utilização do Moinho Coloidal e Centrífuga Contínua	44
4.B.2. Utilização do "Finisher" e Cen- trífuga de Cesto	46
4.B.3. Utilização do "Finisher" e Moinho Coloidal	49
4.C. Das Condições de Operação do "Spray-Dryer"	50
4.D. Aproveitamento das Partículas Grossas	52
5. CONCLUSÕES	55
6. SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	59
7. BIBLIOGRAFIA	61

## ÍNDICE DE DIAGRAMAS E TABELAS

	página
DIAGRAMA 1. Processo Utilizado na Obtenção de Farinhas do Milho Nutrimaiz.	16
DIAGRAMA 2. Separação do Material de Estudo da Matéria Prima.	17
DIAGRAMA 3. Primeiro Processo de Preparação.	20
DIAGRAMA 4. Segundo Processo da Preparação.	21
DIAGRAMA 5. Terceiro Processo da Preparação.	22
TABELA 1. Condições de Secagem para a Confeção das 5 Diferentes Farinhas e a Porcentagem de Sólidos à Entrada e Saída (Material e Produto) do "Spray-Dryer".	32
TABELA 2. Condições de Operação dos Equipamentos Utilizados no Primeiro Processo de Preparação.	37
TABELA 3. Condições de Operação dos Equipamentos Utilizados no Segundo Processo de Preparação.	38

TABELA	4.	Condições de Operação dos Equipamentos Utilizados no Terceiro Processo de Preparação.	39
TABELA	5.	Resultados dos Métodos Analíticos e Biológicos para Avaliação das Farinhas.	42
TABELA	6.	Teores de Material Separado pelo "Finisher" com as Diferentes Peneiras Testadas à Velocidade de 410 r.p.m.	48
TABELA	7.	Resultado das Análises Granulométricas das Farinhas.	54

## RESUMO

Em 1970, no Instituto Agronômico de Campinas, realizou-se pela primeira vez o cruzamento do milho doce sugari - 1 ( $su-1$ ) com o milho opaco - 2 ( $0-2$ ), obtendo-se, como resultado altamente satisfatório, uma nova variedade à qual denominou-se NUTRIMAIZ.

A NUTRIMAIZ apresenta características nutricionais melhores do que as conhecidas variedades de milho comum, evidenciadas pelo seu alto conteúdo dos aminoácidos essenciais, lisina e triptofano, principalmente em seu estado leitoso (milho verde).

No Brasil, a industrialização do milho verde tem-se restringido - ao seu enlatamento ou congelamento, o que também limita o seu consumo. Praticamente, inexistente tecnologia disponível que permita a industrialização através de equipamentos clássicos de custo acessível à pequena ou média empresa.

Nossos estudos objetivaram o desenvolvimento e a comparação de diferentes processos para obtenção de uma farinha que conservasse as qualidades nutricionais verificadas no milho verde "in natura".

Nossos ensaios e experimentos, realizados em escala piloto, permitiram concluir que é viável, sob o ponto de vista tecnológico, a produção de farinhas, a partir do milho verde NUTRIMAIZ, que apresentam um PER de até 2,25.

Os resultados nos permitem afirmar que o procedimento, indicado para consecução de uma farinha integral, com potencial de larga aplicação na alimentação humana, foi aquele em que utilizamos os equipamentos "Finisher" e Moinho Coloidal, para a realização da preparação do grão, e a técnica de utilização paralela de "Spray-Dryer" e Secador de Bandejas, para a secagem das frações finas e grossas, respectivamente.

## SUMMARY

In 1970 at Instituto Agronômico de Campinas, a genetic cross was made for the first time between two well-known varieties of corn, sugary-1 ( $su-1$ ) and opaque 2 ( $o-2$ ). It gave a highly satisfactory, new synthetic variety called NUTRIMAIZ.

This variety has better nutritional characteristics than those of normal, well-known varieties, showing a high essential aminoacid content, particularly lysine and tryptophane, when measured in its milky state (green corn).

The industrialization of green corn in Brazil has been applied only to canning or freezing, obviously limiting the alternatives of consumers. It can be said that technological know-how for the utilization of normal, low-cost equipment by small or medium-sized firms is practically non-existent in the country.

Our objective was to develop several different processes and compare them, for the purpose of obtaining flours that could maintain, as far as possible, the nutritional properties that green corn normally presents "in natura".

Numerous trials and experiments, done on a pilot plant scale, permitted us to conclude that it is very possible, from a technological point of view, to use NUTRIMAIZ in the green state, in which it has a PER of 2,25.

The results obtained allow us to state that the following procedure is the best way for obtaining whole flour, capable of being used in several ways for human consumption.

We propose to use a Finisher followed by a Colloid Mill for grain preparation, and further drying with Spray or Tray systems, depending of whether fine or course fractions, respectively would be dried.

## INTRODUÇÃO

Desde sua obtenção, em 1970, o milho Nutrimaiz vem sendo objeto de diversos estudos levados a cabo pela UNICAMP (Universidade - Estadual de Campinas), através de sua Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, que buscam o desenvolvimento de técnicas e processos para sua industrialização.

Dos estudos que se encontram em andamento podemos salientar os seguintes:

- Caracterização química e biológica do Nutrimaiz e suas linhagens no estágio leitoso de maturação, ou seja, 20-26 dias após polinização. Objetiva-se um estudo detalhado dos seus principais componentes, a saber: proteínas, hidratos de carbono e lipídeos.
- Estudos de otimização de processos e minimização de custos de industrialização do milho verde, através de enlatamento, congelamento e desidratação por diferentes equipamentos: Drum-Drier (secador de tambor), Roll-Drier (secador de rolos), Spray-Drier (secador por aspersão) e Tray-Drier (secador de bandejas).
- Estudos de formulações de produtos alimentícios à base de milho

verde desidratado, como sopas, misturas prontas para bolos e pudins, sorvetes, farinhas mistas e sucedâneos do leite de vaca.

- Caracterização sensorial e estudos de aceitação das matérias-primas dos produtos elaborados por diferentes tipos de processamento e formulações.
- Estudos tanto em animais de laboratórios, como em humanos, do valor nutritivo das matérias primas e dos produtos elaborados.
- Estudo de estabilidade da matéria prima e dos produtos em diferentes condições de armazenamento.
- Estudos de viabilidade econômica dos processos de industrialização.

O presente trabalho está diretamente relacionado ao programa geral de estudos do milho Nutrimaiz, acima mencionado, razão pela qual não inclui o estudo de certos aspectos que são objeto de preocupação de técnicos que desenvolvem outros trabalhos na mesma área.

O trabalho se fundamenta nos seguintes aspectos:

- a) O milho é uma cultura tradicional e cultivada em todo o país.
- b) Embora pouco consumido, o milho, principalmente o milho verde, é muito apreciado pelo consumidor brasileiro.

- c) O baixo consumo se deve, principalmente, à reduzida oferta de produtos industrializados à base de milho, ao curto tempo de disponibilidade no mercado e ao custo elevado dos produtos enlatados deste cereal no seu estágio leitoso de maturação.
- d) A tecnologia da industrialização do milho, particularmente do milho verde, poderá ser bastante melhorada e diversificada, de maneira a colocar no mercado uma grande variedade de produtos.
- e) A variedade do milho Nutrimaiz oferece características nutricionais muito superiores às daquelas tradicionalmente usadas.

Nosso objetivo maior foi o de desenvolver um processo tecnológico que permitisse a produção, em escala piloto, de uma farinha que conservasse as características nutricionais apresentadas pela nova variedade Nutrimaiz quando em seu estado leitoso e "in natura" e se constituísse em material adequado para a formulação de pratos tradicionais, tais como, mingaus, cuscus e pamonhas, bem como abrisse possibilidades para a elaboração de produtos não convencionais, como sorvetes, massas para bolos, pães especiais e biscoitos.

Acreditamos que, com isto, seria aumentado o potencial de consumo do milho verde, não só em razão da diversificação de seus derivados no mercado, como também, indiretamente, como consequência da

ampliação do período de oferta do produto, o qual, hoje, não se dispendo de técnicas de industrialização, fica restrito a época de sua colheita.

Foi nosso objetivo também examinar e avaliar possibilidades de aproveitamento de equipamentos conhecidos e de fácil aquisição - por pequenas ou médias indústrias para a produção de farinhas a partir do milho verde, utilização esta não testada anteriormente para a obtenção de produtos idênticos ou similares.

Com relação a equipamentos, visamos, especialmente, estudar a possibilidade de aproveitamento do "Spray Dryer" na secagem do grão de milho, considerando, inclusive, que são inúmeras as indústrias nacionais de alimentos lácteos que o tem sub-utilizado.

Objetivamos também avaliar, através de ensaios biológicos, o quociente de eficiência proteica (PER) dos diferentes produtos finais obtidos.

## 1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1.A. Aspectos Gerais sobre o Milho

#### 1.A.1. Milho Normal

O milho (Zea mays Linnaeus) está classificado como uma herbácea monocotiledônea, monóico, pertencente à família das gramíneas (11), (16). Considera-se este cereal como originário do hemisfério ocidental, onde constitui-se num alimento básico das antigas civilizações Maya, Azteca e Inca, que povoaram esta parte do mundo (21). Atualmente, uma grande parte da população Latino-Americana depende do milho como fonte de proteína na sua alimentação, sendo várias as formas em que se acostuma consumir este cereal (4).

De acordo com os dados estatísticos da FAO (9), em 1975, a produção mundial de milho foi de 322,5 milhões de toneladas, quantidade correspondente a 22% da produção total de cereais.

Os Estados Unidos da América do Norte são o maior produtor de milho no mundo, com uma produção equivalente a 40% do total mundial. A América do Sul produz um pouco menos de 10% do total, sendo o Brasil o maior produtor do continente e o segundo do mundo, tendo atingido a casa dos 16 milhões de toneladas, em 1975.

Como alimento humano, a forma de consumo do milho varia de região para região. As principais áreas onde o milho é consumido como alimento básico são México, América Central, América do Sul e África (12), apresentando estas regiões os maiores índices de consumo por habitante (5).

Na América Latina, os principais países consumidores de milho são: Guatemala, México, Nicarágua, El Salvador, Colômbia e Bolívia, onde o consumo diário varia entre 120 e 350 g por habitante (5). O consumo "per capita" de milho, no Brasil, está próximo de 100 g por dia (5).

Do milho consumido no Brasil, mais de 70% são utilizados na fabricação de rações e como alimento para animais nas próprias fazendas (16). O consumo de milho diretamente para alimentação humana é ainda pouco significativo. Existem tipos diversos de culinária: uma, muito apreciada, que é baseada no milho verde, ou seja, milho fresco em estágio leitoso. Neste caso, os grãos são empregados na cozinha para a obtenção de diversos pratos, como sopas, cremes e purês nas formas salgadas ou doce. O milho verde, praticamente, não é industrializado aqui. As indústrias do setor têm-se restringido a enlatá-lo ou conservá-lo através do congelamento. Por outro lado, a culinária de milho seco é pouco apreciada. Nes-

te caso, o produto é empregado na forma de fubá integral, ou de farinha de milho torrada. Com este material fazem-se alguns pratos como: polenta e angû (purê de milho sêco), canjica (sopa de milho degerminado com leite) e cuscus (feito com farinha torrada), (16).

Nos países mais industrializados, o milho para o consumo humano é processado pelas indústrias que se utilizam de avançados processos de moagem por via sêca (dry-milling) e por via úmida (wet-milling), (12), ao contrário de alguns países latino-americanos onde o uso de produtos industrializados de milho ainda é limitado e onde são empregados métodos de preparação que envolvem operações de torrefação e moagem do grão. No México e na América Central, utiliza-se um processo conhecido por "Nixtamalização", no qual emprega-se alcali  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  para o cozimento do grão, obtendo-se, depois de uma moagem, uma massa que é utilizada para a fabricação de muitos pratos, tais como a "tortilla", "tamales", "enchiladas", que aparecem em praticamente todas as refeições. Estes mesmos produtos são também muito apreciados nos Estados Unidos da América do Norte, (12,7).

#### I.A.2. Milho Nutrimaiz

Trata-se de uma nova variedade de alto teor nutricional .

obtida pelo cruzamento do milho doce, Sugary-1 ( $su_1$ ) com o milho opaco-2 ( $0-2$ ) envolvendo-se 87,5% do milho maya opaco-2 e 12,5 % da variedade pijimaca do milho Sugary-1 (23).

O Nutrimaiz foi obtido como resultado de uma série de estudos que objetivavam encontrar uma variedade adequada para o cultivo em regiões tropicais, sendo que o primeiro cruzamento, do milho ( $su_1$ ) e o ( $0-2$ ) foi feito em 1970, no Instituto Agrônomo de Campinas . A partir desta data, vêm sendo executado programas de seleção que visam ao aperfeiçoamento das características agronômicas da nova variedade (23).

#### I.B. Características Nutricionais do Milho Normal e do Nutrimaiz

Muitas análises, de diferentes variedades de milho, têm demonstrado plenamente que este é um alimento de baixo teor de proteínas e alto teor de carboidratos, o que faz com que o milho, como todos os cereais, seja considerado uma excelente fonte calórica (5).

Em aminoácidos, o milho normal apresenta, como característica, baixa concentração de dois essenciais, lisina e triptofano. Esta é a principal causa da deficiência na qualidade da proteína de milho normal, evidenciada através de estudos biológicos em ratos, que

têm mostrado um baixo PER para cada diferente variedade (3).

Muitos esforços têm sido feitos visando-se ao melhoramento e ao melhor aproveitamento da proteína do milho. Com este objetivo, procurou-se enriquecê-la com farinha de soja, ou suplementá-la com os aminoácidos lisina e triptofano (7). Mas, com a descoberta, por Mertz e col., em 1964, de alto conteúdo de lisina no milho opaco-2, estimulou-se a procura de novos mutantes com superior valor nutricional. Nesta direção, Silva e col. (23) aceleraram o seu trabalho que culminou com a obtenção da variedade Nutrimaiz.

A alta qualidade nutricional do milho Nutrimaiz frente a outros milhos têm sido demonstrada através de ensaios biológicos (22). Tais ensaios revelaram um PER de 2,60; digestibilidade de 79,2 % e valor biológico de 69,9%. Enquanto, para o milho normal, os valores encontrados foram: um PER entre 0,9 a 1,50; digestibilidade de 73,5 % e valor biológico de 51,9 (3,22).

## I.C. Estrutura e Composição do Milho

### I.C.1. Estrutura

Earle e col. (8) e Wolf e col. (26) estudaram detalhadamente as proporções e composição média das partes componentes do

grão de milho, concluindo que ele é composto de quatro partes - principais: pericárpio, gérmen, endosperma e glumelas ("tip cap").

O pericárpio compreende o conjunto de camadas exteriores que rodeiam ao grão e representa 5 a 6% do total. A parte do milho que contém a maior porção de óleo é o gérmen, que constitui entre 10 e 14% do grão e é uma fração altamente nutritiva pelo seu significativo teor de proteína e sais minerais. A maior e mais importante fração é o endosperma, que representa entre 80 e 84% do total, sendo constituído principalmente por amido e proteína. Existe mais uma pequena porção do grão (0,8%), as glumelas, que são os resíduos do tecido que liga o grão ao sabugo.

#### I.C.2. Composição Química do Milho Normal em Comparação com a do Nutrimaiz.

Os principais componentes químicos do milho são proteína, lipídeos e amido. Ele contém também quantidades menores de fibra, açúcar, minerais e outras substâncias orgânicas, como as vitaminas-lipossolúveis (13).

#### Proteínas

As proteínas do milho normal constituem em torno de 10,0% do grão (3), enquanto no Nutrimaiz foi encontrado um teor de 12,5% (22).

Elas concentram-se principalmente no endosperma e no gérmen. Estas proteínas estão formadas por L- $\alpha$  aminoácidos que, biologicamente, são classificados como essenciais e não essenciais (6).

Dois dos aminoácidos essenciais (lisina e triptofano), que são deficientes no milho normal, foram encontrados com altos teores na proteína do milho Nutrimaiz (22,23).

### Lipídeos

O conteúdo de lipídeos do milho normal está em torno de 5,0% enquanto, no Nutrimaiz, foi encontrado um teor de 9,4%, situado principalmente no gérmen que detém 85% do total. Os lipídeos do milho encontram-se principalmente na forma de triglicerídeos de ácidos graxos. Breadle e col. (2) encontraram que os principais ácidos graxos que compõem o óleo de milho são os ácidos linoléico (59%), oleico (27%) e palmítico (12%).

### Carboidratos

O milho, como todos os cereais, constitui importante fonte de carboidratos. O milho normal contém entre 1 e 3% de açúcares totais, enquanto o Nutrimaiz tem um teor de 4,8%. Entre os açúcares presentes no milho, o principal é a sacarose, estando presente também quantidades menores de glucose, frutose e rafinose.

Outro constituinte dos carboidratos é a fibra, sendo, em ambos os casos, milho normal e Nutrimaiz, de aproximadamente 2,0%. O maior constituinte e principal carboidrato no milho é o amido, que representa aproximadamente 72% dos componentes totais no milho normal e 61% no Nutrimaiz (8,13,23). A maior diferença entre os milhos normal e Nutrimaiz encontra-se no seu conteúdo de polissacarídeos solúveis em água, sendo que, no último, este carboidrato é cerca de 17 vezes maior que no primeiro, considerando-se ambos os produtos no estágio leitoso (23).

#### 1.D. Produtos de Milho Doce.

O milho doce é uma variedade que geralmente é processada em estado leitoso (umidade 68-75%); devido principalmente a suas características de textura e gosto apresentados neste estado de maturação. São 3 basicamente os produtos obtidos desta variedade de milho: enlatado, congelado e desidratado (24).

Enlatado: existem 2 tipos de enlatamento do milho doce: no primeiro é empregado o grão por inteiro, obtido através de um corte profundo que vai até as proximidades do sabugo. Enquanto que no segundo o dente é raspado obtendo-se frações de grão as quais são dispersadas e suspendidas num suave creme.

Os processos para o enlatamento compreendem as etapas de desfolha

mento, inspeção, lavado através de jatos de água, debulhamento, branqueado ("blanching") e envasado (24).

Congelado: pode ser das espigas ou unicamente dos dentes; este - processo compreende as etapas de desfolhamento, inspeção, lavado através de jato de água, branqueado, empacotado e armazenado a uma temperatura constante de  $-17,7^{\circ}\text{C}$  já que a flutuação da temperatura incrementa a razão de deterioração do produto durante o armazenamento (24).

Desidratado: as etapas de preparação do milho doce para o processo de desidratação são similares as descritas para o enlatamento do milho estilo creme, a desidratação do creme de milho é realizada, após a etapa de branqueado, num secador de bandejas (17) , onde ar quente circulando a  $250\text{ mt/min}$ , é utilizado para realizar a secagem num tempo de aproximadamente 3,5 horas. Uma temperatura de  $100^{\circ}\text{C}$  é utilizada no início da secagem, ou seja quando o material encontra-se com um teor de umidade em torno de 70%, enquanto no final da operação, é usada uma temperatura de ar de aproximadamente  $70^{\circ}\text{C}$  (17).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.A. Materiais

#### 2.A.I. Matéria Prima

A matéria prima utilizada consistiu de vários lotes de espigas de milho Nutrimaiz, colhidas em estágio leitoso (20 a 26 dias após polinização) e armazenadas, sem folhas, numa câmara frigorífica a uma temperatura de 20°C abaixo de zero.

Os lotes tiveram tamanhos variáveis (30 a 50 kg) e foram empregados separadamente, em diferentes procedimentos de preparação para secagem.

#### 2.A.2. Material de Estudo

Da matéria prima supra, separamos para nossos estudos apenas os grãos que representavam 52% do peso total das espigas e cujo teor médio de matéria seca era de 30%.

#### 2.A.3. Aparelhos de Laboratório

Foram os seguintes os aparelhos de laboratório empregados:  
Extrator Goldfish - modelo 3500 - fabricado pelo Lab. Con. Co;  
Digestor Kjeldhal - modelo 175/E - fabricado pela Ind. Folabo Ltda.

Mufla - modelo MR-SP - fabricado pela Ind. Folabo Ltda.

Além destes, foram utilizados outros aparelhos de uso comum em laboratório, como: estufa, dessecador, balança analítica e materiais de vidro, tais como pipetas, buretas e beakers.

#### 2.A.4. Equipamentos

Nos diversos processos de obtenção de farinhas que ensaiamos utilizamos os seguintes equipamentos:

- (a) Tanque de aço inox, de capacidade de 360 l, com sistema para injeção direta de vapor, fabricado pela Icma Ltda;
- (b) Moinho Cutter, tipo 65 litros, fabricado por Hermann S/A;
- (c) Moinho Coloidal Vibratório Meteor (modelo REX-II-A);
- (d) Centrífuga Contínua Sharples Pennwalt S/A (tipo P.2000; PE. 4955; PF-627-4) Super D.Canter;
- (e) Centrífuga de Cesto (Gebr Herine Viersen) (tipo DM 225);
- (f) "Finisher", tipo NRFF, fabricado por F.H.Langsenkamp Co., Indianópolis;
- (g) "Spray-Drying Plant", tipo "Production Minor", fabricado por Niro Atomizer;
- (h) Secador de Bandejas, fabricado por Proctor and Schwartz Inc. (patente 2, 211, 644 U.S.);

- (i) Moinho de Martelos tipo CV-2, fabricado por Máquinas Tigre S/A;
- (j) Mono Bomba London-Manchester (tipo ST-421);
- (k) Mono Bomba London-Manchester (tipo SB-15);
- (l) Recipientes diversos, usados para transporte ou recepção dos produtos de cada etapa, de material plástico ou aço inox.

## 2.B. Métodos

### 2.B.1. Métodos Analíticos

#### Umidade

Nas farinhas obtidas pelos diferentes processos de secagem, a umidade foi determinada pelo método 44-15 A, descrito no AACC (1), tendo o produto permanecido na estufa, a 130°C, por uma hora.

Na matéria prima, a umidade foi determinada pelo método de estufa a 105°C até peso constante. O mesmo método foi utilizado para a análise de amostras, com teor de umidade superior a 16%, do material nas suas diversas fases de processamento.

#### Proteína

Determinou-se o conteúdo de nitrogênio total pelo método

Kjeldahl, de número 46-90, descrito pelo AACC (1). O conteúdo de proteína total foi calculado usando-se o fator  $N \times 6,25$ .

#### Gordura (extrato etéreo)

Determinou-se o teor de gordura de acordo com o método 30-20 da AACC (1), utilizando-se extração contínua com éter de petróleo no extrator "goldfish".

#### Cinzas

O teor de cinzas foi determinado segundo o método 08-03 da AACC (1), fazendo-se a calcinação da amostra, durante 2 horas, a  $600^{\circ}\text{C}$ .

#### Teste de Atividades Enzimática da PEROXIDASE

Usaram-se para este teste 2 soluções: a primeira constituída de Etanol (50%) e Guaiacol (0,5%); e a segunda composta de água oxigenada de 120 volumes diluída 1:10. Procedeu-se da seguinte maneira: colocaram-se, aproximadamente, 300 mg de amostra em uma cápsula de porcelana, adicionando-se, em seguida, 1 gota de cada solução e aguardando-se até 5 minutos, até que as amostras tornaram-se de cor marrom, indicativa da atividade enzimática da peroxidase (25).

## Granulometria.

A determinação do tamanho de partícula das farinhas foi feita usando-se um conjunto de peneiras de laboratório Granutest e o vibrador para peneiragem Produtest, foi usada uma amostra de 100 gramas em cada caso e um tempo de mexedura de 10 minutos, na intensidade máxima de vibração do aparelho.

Foi calculado o diâmetro médio de cada farinha usando-se a seguinte expressão (10)

$$D.M. = 104,14 (2)^{Fm}$$

Onde D.M. representa o diâmetro médio de cada farinha em micras e Fm representa o módulo de finura que depende da distribuição de tamanho do material analisado.

### 2.B.2. Método Experimental Biológico

O ensaio biológico efetuado para avaliar, comparativamente, o valor nutritivo das diferentes farinhas foi a determinação do quociente de eficiência proteica (PER), pelo método clássico de Osborne e Mendel (1971), (19).

Neste experimento foram utilizados ratos recém desmamados, da variedade "Wistar Strain", em grupos diversos para avaliação das diferentes farinhas. Os animais receberam dietas com 9% de proteína proveniente das farinhas sendo-lhes também oferecido água "ad-libitum" e anotando-se, cuidadosamente, o peso da ração ministrada e o peso ganho pelos animais, em cada período de 7 dias. A observação foi repetida durante 4 períodos consecutivos.

### 3. PROCESSOS TESTADOS

O processo (Diagrama 1) utilizado na obtenção de farinhas de milho Nutrimaiz, em estágio leitoso, pode-se dividir em 3 etapas:

- A. Separação do material de estudo da matéria prima
- B. Preparação do grão para a sua secagem
- C. Secagem para a obtenção das farinhas

#### 3.A. Separação do Material de Estudo da Matéria Prima

Esta operação foi realizada em 3 passos (Diagrama 2):

- 1. Descongelamento
- 2. Separação do cabelo
- 3. Debulhamento

##### 3.A.1. Descongelamento e Inativação Enzimática

A matéria prima era retirada da câmara frigorífica, em bandejas plásticas, e rapidamente descongelada no tanque que continha água fervendo a 97°C (pré-aquecida com vapor direto) - que se mantinha a essa temperatura durante a operação.

O tempo de estadia do material no tanque foi o necessário para-

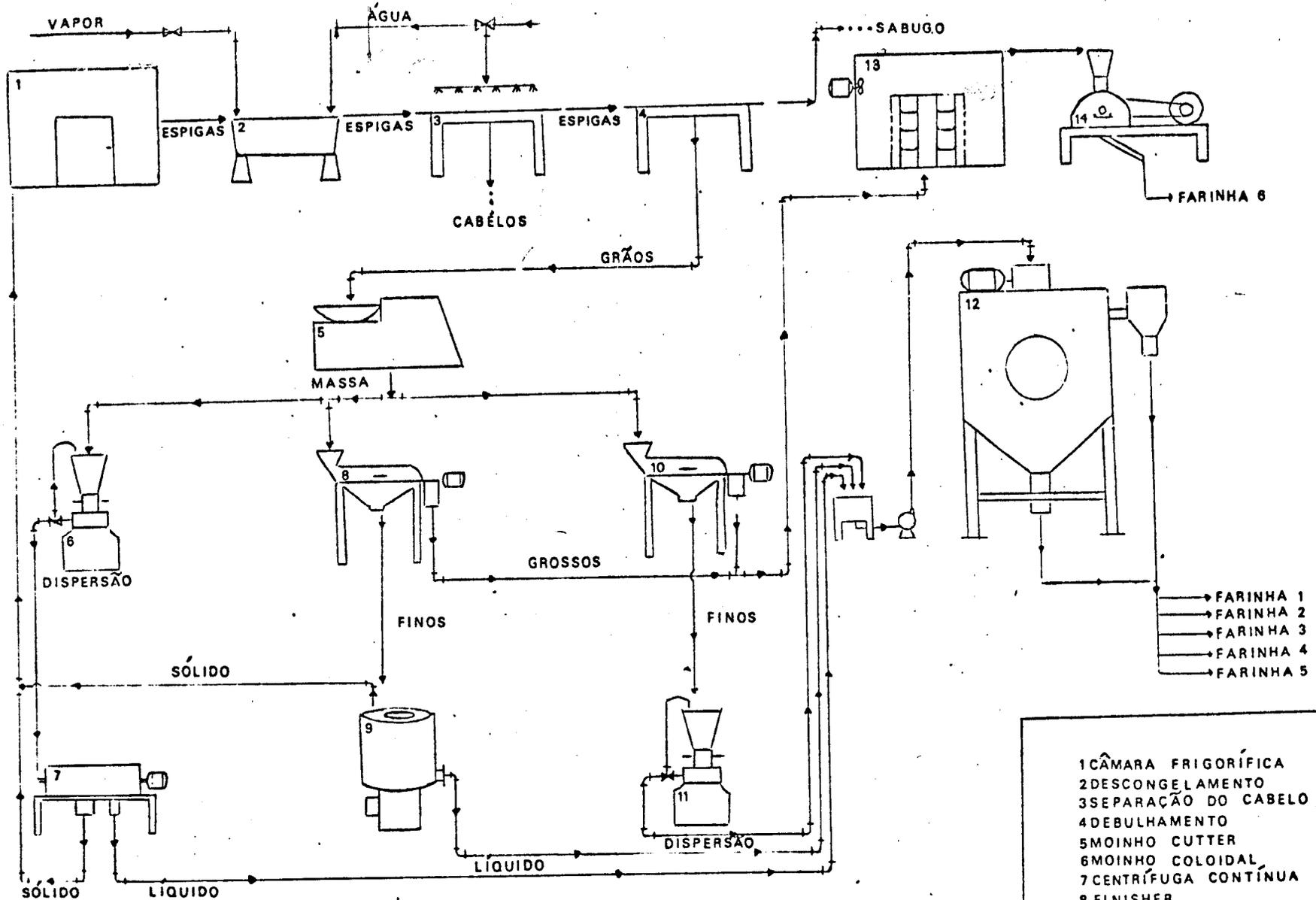
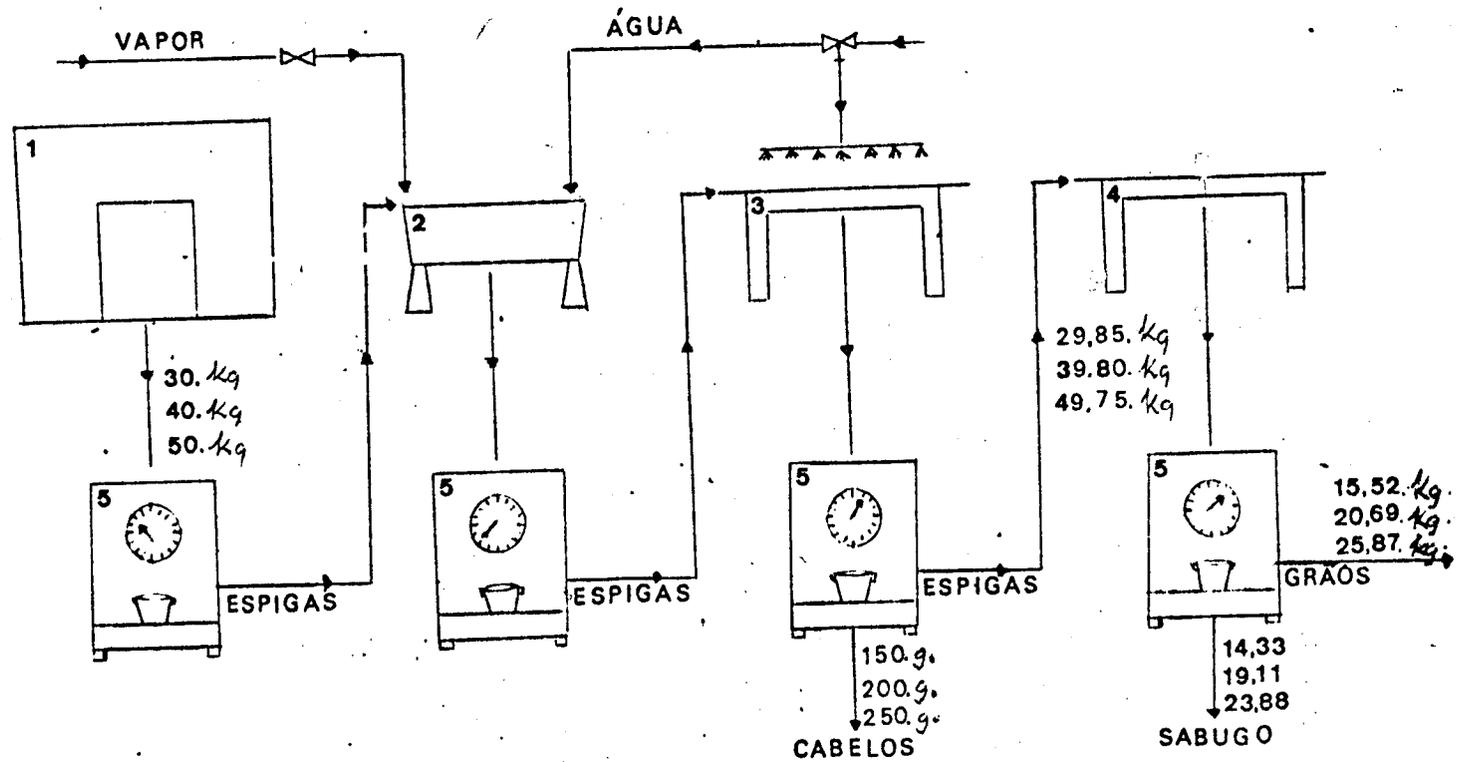


DIAGRAMA-1- PROCESSO UTILIZADO NA OBTEÇÃO DE FARINHAS DE MILHO NUTRIMAIZ.

- 1 CÂMARA FRIGORÍFICA
- 2 DESCONGELAMENTO
- 3 SEPARAÇÃO DO CABELO
- 4 DEBULHAMENTO
- 5 MOINHO CUTTER
- 6 MOINHO COLOIDAL
- 7 CENTRÍFUGA CONTÍNUA
- 8 FINISHER
- 9 CENTRÍFUGA DE CESTO
- 10 FINISHER
- 11 MOINHO COLOIDAL
- 12 SPRAY DRYER
- 13 SECADOR DE BANDEJAS
- 14 MOINHO DE MARTELOS

DIAGRAMA -2- SEPARAÇÃO DO MATERIAL DE ESTUDO DA MATÉRIA - PRIMA



- 1 CÂMARA FRIGORÍFICA
- 2 DESCONGELAMENTO
- 3 SEPARAÇÃO DO CABELO
- 4 DEBULHAMENTO
- 5 BÁSCULA

o seu descongelamento e inativação enzimática, evidenciada através do teste de atividade enzimática da peroxidase, sendo que esta permanência, em todas as vezes que repetimos a operação, variou entre 5 e 8 minutos.

### 3.A.2. Separação do Cabelo

A matéria prima, descongelada e sem atividade enzimática, era retirada do tanque e colocada em bandejas plásticas. Em seguida, era submetida, espiga por espiga, à ação de retirada do cabelo, manualmente, utilizando-se escovas de fios plásticos. Esta separação era complementada submetendo-se cada espiga à ação de um jato de água de temperatura ambiente. O cabelo constituía 0,5% do total, em peso, da espiga.

### 3.A.3. Debulhamento

A matéria prima, livre do cabelo, era apanhada, espiga por espiga, para o debulhamento manual por meio de facas, obtendo-se o material de estudo representado pelos grãos que correspondiam a 52% do total em peso. Os grãos eram, então, recolhidos em bandejas plásticas para sua posterior preparação para secagem.

### 3.B. Preparação do Grão para a Secagem

Na preparação do grão, ensaiamos 3 diferentes procedimentos

em busca do processo mais adequado para consecução de um material que reunisse condições para uma bem sucedida atomização através de disco centrífugo do "Spray-Dryer".

No primeiro processo (Diagrama 3), empregamos os equipamentos - Moinho Coloidal e Centrífuga Contínua, no segundo processo (Diagrama 4), utilizamos o "Finisher" e a Centrífuga de Cesto; e, no terceiro, (Diagrama 5), o "Finisher" e o Moinho Coloidal.

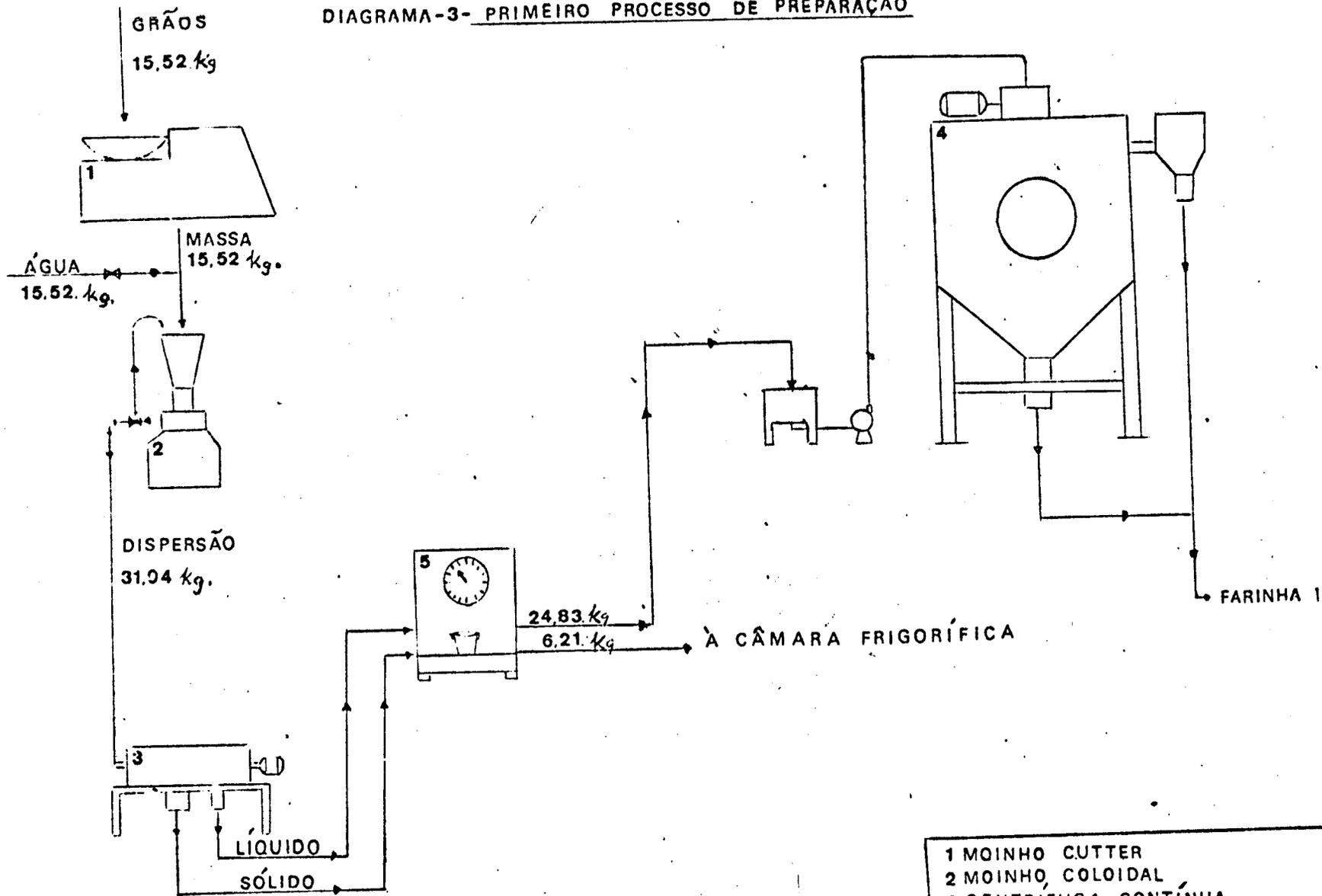
Antes de passar por estes processos de preparação, o material foi submetido a uma operação de moagem em Moinho Cutter, descrita a seguir:

#### Moagem em Moinho Cutter

Os dentes do milho eram descarregados no prato do moinho Cutter - no qual eram cortados e triturados tornando-se uma mistura não homogênea de substância líquida e partículas sólidas desuniformes, [à qual chamaremos de massa), após 5 minutos de permanência no equipamento.

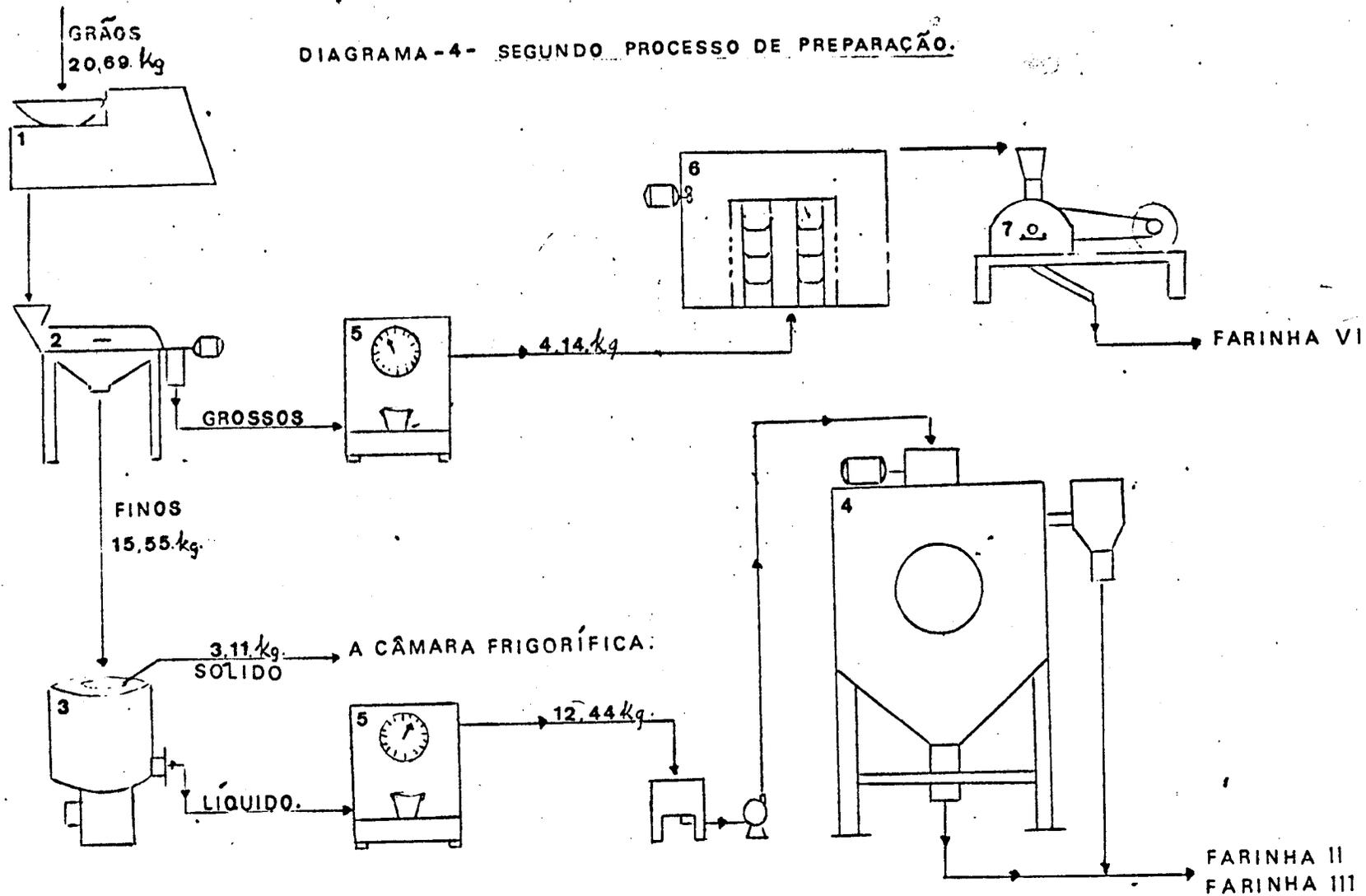
Esta massa era recolhida do Cutter por meio de colheres de aço inox e colocada em sacos plásticos, aguardando o procedimento de preparação para a sua secagem.

DIAGRAMA-3- PRIMEIRO PROCESSO DE PREPARAÇÃO



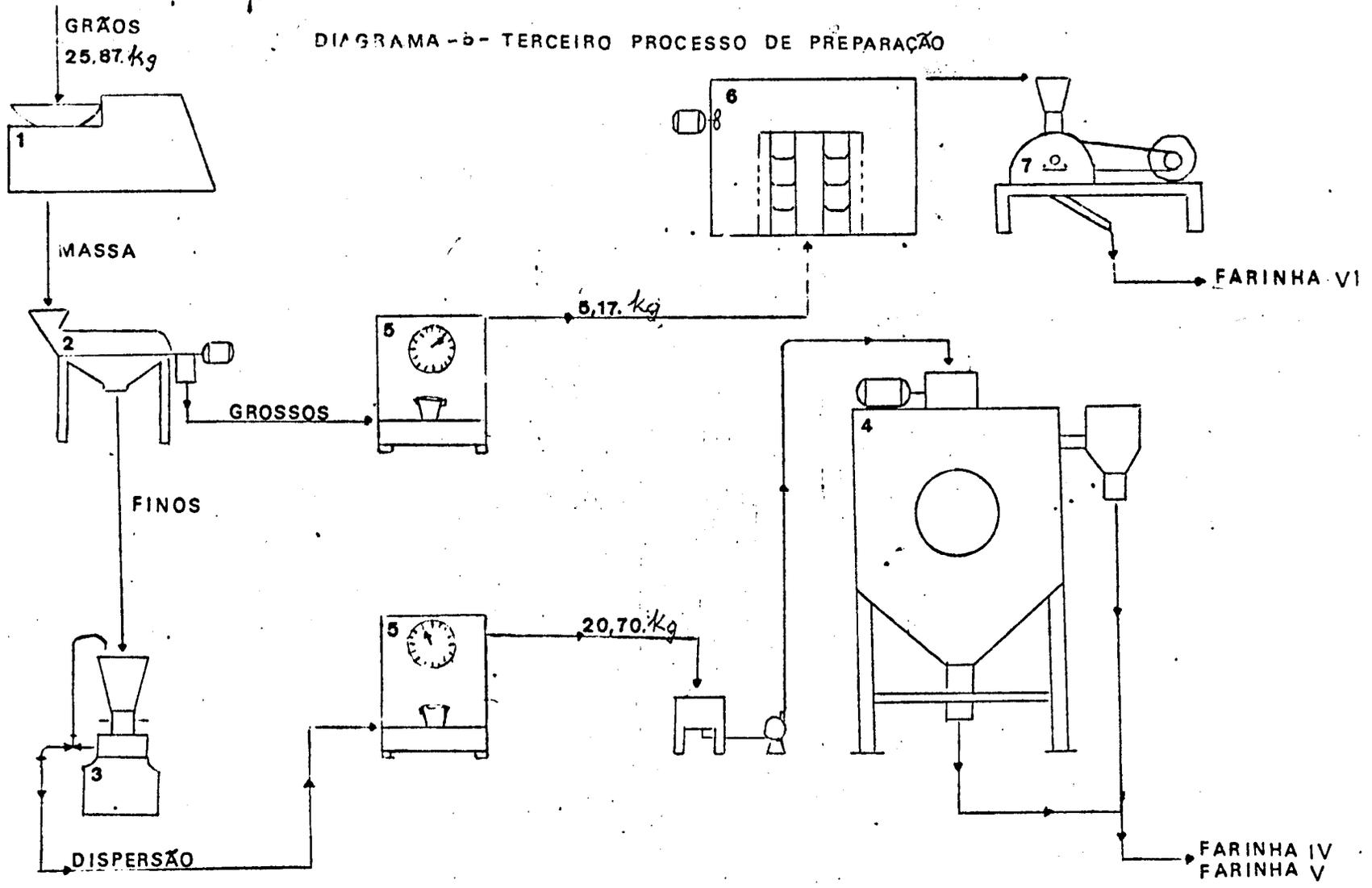
- 1 MOINHO CUTTER
- 2 MOINHO COLOIDAL
- 3 CENTRÍFUGA CONTÍNUA
- 4 "SPRAY DRYER"
- 5 BÂSCULA

DIAGRAMA - 4 - SEGUNDO PROCESSO DE PREPARAÇÃO.



- 1 MOINHO CUTTER
- 2 "FINISHER"
- 3 CENTRÍFUGA DE CESTO
- 4 "SPRAY DRYER"
- 5 BÁSCULA
- 6 SECADOR DE BANDEJAS
- 7 MOINHO DE MARTELOS

DIAGRAMA - b - TERCEIRO PROCESSO DE PREPARAÇÃO



22

- 1 MOINHO CUTTER
- 2 "FINISHER"
- 3 MOINHO COLOIDAL
- 4 "SPRAY DRYER"
- 5 BÂSCULA
- 6 SECADOR DE BANDEJAS
- 7 MOINHO DE MARTELOS

### 3.B.1. Primeiro Processo de Preparação para Secagem, através do Moinho Coloidal e Centrífuga Contínua

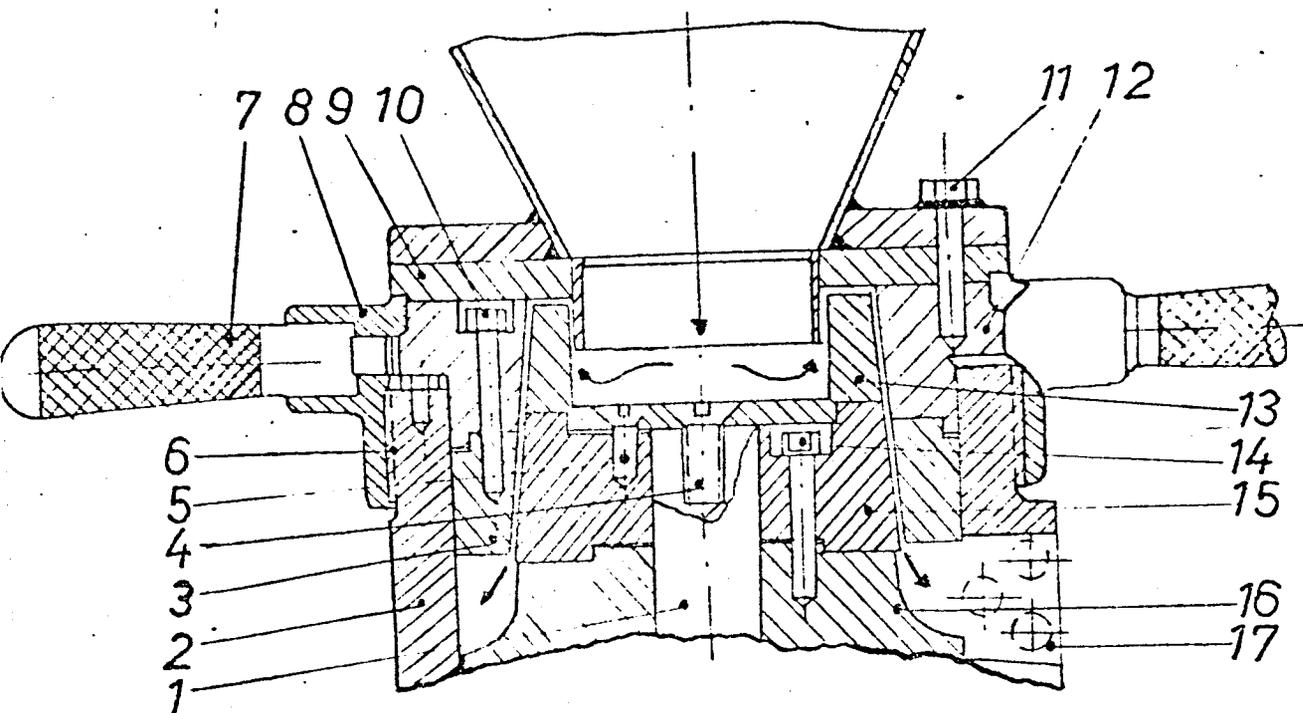
O material utilizado neste primeiro processo, 15,52 kg, saído do Cutter, foi transportado nos sacos plásticos e transferido, em porção de 2 quilos, ao funil do Moinho Coloidal Vibratório (mostrado na página seguinte). A cada porção do material - que se colocava no moinho, adicionávamos uma outra porção, de igual peso, de água. Este funil serviu como dosificador do equipamento e, nele, o material era submetido a altas forças de atrito entre duas superfícies metálicas dentadas (rotor e estator), o que se repetia várias vezes, durante, aproximadamente, 30 segundos graças ao bombeamento através do recirculador. O equipamento foi operado com sua abertura máxima entre o rotor e o estator e com uma velocidade de 3.400 r.p.m.

O produto saído do moinho, agora pesando 31,04 kg, era recolhido como dispersão em baldes de aço inox.

A dispersão foi transferida por meio da mono bomba tipo ST-421 - desde os baldes até o corpo de uma Centrífuga Contínua, onde separou-se em duas frações: líquida e sólida, recolhidas, em separado, em baldes de aço inox.

A fração líquida, que constituía 80% do total, foi utilizada para

DESENHO DAS PARTES ESSENCIAIS QUE COMPÕEM O MOINHO COLOIDAL



1. EIXO
2. CORPO-SUPORTE
3. ESTATOR
4. PARAFUSO DO EIXO
5. PARAFUSOS DO ROTOR-TAMBOR
6. ROSCA DO CORPO-SUPORTE
7. CABOS
8. ANEL AJUSTADOR
9. FLANGE

10. PARAFUSOS DO ESTATOR
11. PARAFUSOS DO FUNIL
12. ESTATOR
13. ROTOR
14. PARAFUSOS DO ROTOR
15. ROTOR
16. ROTOR
17. CHAPA LIMPADORA

a obtenção da farinha I, por secagem em "Spray-Dryer", operação que será descrita mais adiante (ítem 3.C.1.).

O sólido constituído principalmente de pericárpio e gérmen, cor respondia aos 20% restantes do material. Sua utilização que não foi objeto de nossos estudos, é abordada no Capítulo 4, reservado para "Resultados e Discussões.

### 3.B.2. Segundo Processo de Preparação para Secagem, Através do "Finisher" e da Centrífuga de Cesto

Nesta segunda alternativa de procedimento, o material saído do Cutter, pesando 20,69 kg, foi transferido dos sacos plásticos à tolva do "Finisher" e daí conduzido e dosificado, por um parafuso de rosca sem fim, até o corpo central do equipamento, onde era separado, através de peneiras, em duas porções: de um lado, as partículas finas; do outro, as grossas.

As partículas grossas, retiradas pela peneira, foram arrastadas por meio de paletas inclinadas, passando por todo o corpo central do equipamento até o seu canal de saída, de onde foram recolhidas em bandejas de aço inox, para a sua imediata secagem em Secador de Bandejas, operação descrita no ítem 3.C.2.

As partículas grossas representavam cerca de 20% do peso total do

material e eram constituídas, principalmente, das frações pericárpio e gérmen do grão.

As partículas finais, constituindo 80% do total em peso, que passaram pela peneira, foram canalizadas, dentro do equipamento, até um tubo de saída, sendo recebidas num balde de aço inox.

Do balde, estas partículas foram transferidas a uma Centrífuga - de Cesto para separação das porções líquida e sólida.

Considerando-se que o cesto é dotado de perfurações para a saída do líquido através de suas paredes, foi colocada nelas uma camisa de lona para a retenção dos sólidos.

A porção líquida, equivalente a 80% do total em peso, foi canalizada e descarregada num balde de aço inox de onde foi recolhida para a obtenção das farinhas II e III por meio de secagem em "Spray-Dryer", operação que será descrita no ítem 3.C.1.

A porção sólida que constituia os 20% restantes, foi retirada da centrífuga para ser colocada em sacos plásticos, sendo, em seguida, armazenada na câmara frigorífica a temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$ , cuja utilização é discutida no Capítulo 4.

O "Finisher" foi operado a uma velocidade de rotação de 410 r.p.m., usando-se, para a separação de partículas finas das grossas, a peneira com perfurações de diâmetros de 0,060 polegadas, enquanto - que a Centrífuga foi acionada a uma velocidade de rotação de 2.500 r.p.m., com a camisa de lona de tipo USA x 0,5 mt. (Tecelagem Manaus).

### 3.B.3. Terceiro Processo de Preparação para Secagem, Através do "Finisher" e do Moinho Coloidal

Nesta terceira alternativa de procedimento, o "Finisher" foi operado de uma forma similar àquele do processo anterior, visando-se à separação do produto saído do Cutter, que pesou (25,87 kg), em duas partes: partículas finas e partículas grossas. Também de forma similar, as partículas grossas obtidas (20% do total em peso) foram utilizadas conforme descreveremos no ítem 3.C.2., enquanto que as partículas finas, constituindo os restantes 80%, nesta terceira alternativa de procedimento, foram transferidas, em porções de 2 litros, ao funil do Moinho Coloidal Vibratório.

À semelhança do que ocorreu no primeiro procedimento (ítem 3.B.1), o funil serviu como dosificador da alimentação do equipamento; as sim, no moinho, o material, agora constituído de partículas finas saídas do "Finisher", foi submetida às forças de atrito produzi -

das na passagem do material entre o rotator e o estator. O tempo de permanência de cada porção dentro do moinho foi de 30 segundos, operando-se o equipamento com sua abertura mínima entre o rotor e o estator, e com uma velocidade de rotação de 3.400 r.p.m. Produziu-se, assim, uma dispersão que foi recolhida em baldes de aço inox e encaminhada para secagem, como será descrito no item 3.C.1.

NOTA: Este terceiro procedimento de preparação de material para secagem foi aplicado também ao milho verde fresco, não congelado, obtendo-se resultados similares.

### 3.C. Obtenção das Farinhas por Secagem

Como indicamos anteriormente, submetemos à secagem, visando à obtenção de farinhas, 4 diferentes materiais:

1º) O líquido obtido através do procedimento descrito no item 3.B.1., do qual resultou a farinha I (Diagrama 3).

2º) O líquido obtido através do procedimento descrito no item 3.B.2., para elaboração das farinhas II e III (Diagrama 4).

3º) A dispersão obtida por meio do procedimento descrito no item 3.B.3., para elaboração das farinhas IV e V (Diagrama 5).

4º) As partículas grossas obtidas através dos procedimentos descritos nos itens 3.B.2. e 3.B.3., com que produzimos a fari-

nha de número VI (Diagrama 4 e 5).

Os 3 primeiros materiais aqui relacionados foram secados em "Spray-Dryer", enquanto o último foi secado no Secador de Bandejas.

### 3.C.1. Secagem em "Spray-Dryer"

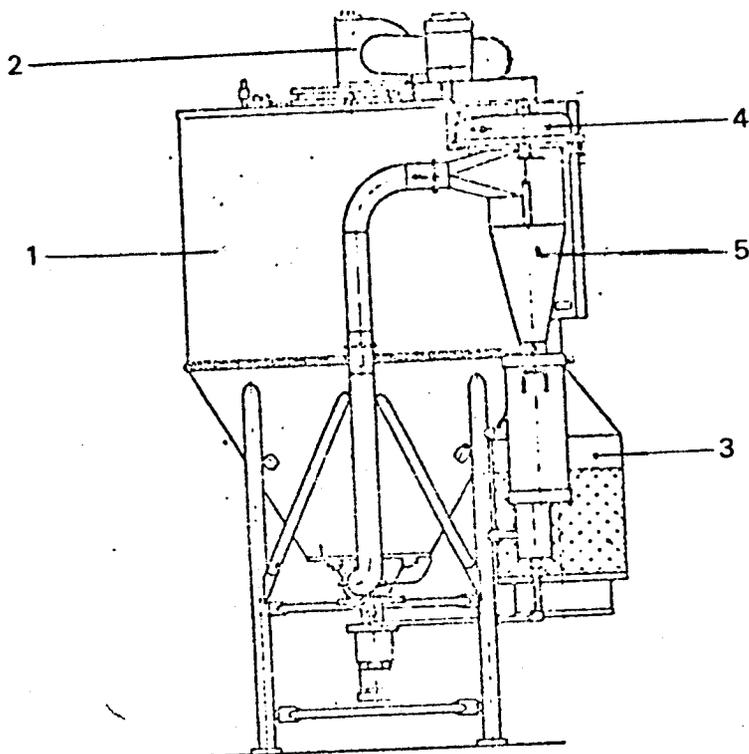
Para a operação de secagem no "Spray-Dryer", cada um dos materiais foi transferido a um tanque de aço inox, de onde, por meio da mono bomba tipo SB-15, eram impulsionados até o "Spray-Dryer".

O "Spray-Dryer" consiste das seguintes partes essenciais, como mostra o desenho da página seguinte:

- Câmara de secagem;
- Sistema para atomizar o material, em estado líquido, dentro da câmara;
- Sistema para introdução de ar quente na câmara;
- Sistema para remoção do ar da câmara;
- Sistema para separação do ar dos produtos.

Neste equipamento, o material foi atomizado por meio de um disco centrífugo que se encontra dentro da câmara, onde circulou contra uma corrente de ar quente. Assim, o líquido foi rapidamente-

DESENHOS DAS PARTES ESSENCIAIS QUE COMPOEM O "SPRAY-DRYER".



1. Câmara de secagem (tipo cônica).
2. Sistema para atomizar o material, em estado líquido, dentro da câmara (disco centrífugo).
3. Sistema para introdução de ar quente na câmara (dutos com entrada na parte superior).
4. Sistema para remoção do ar da câmara (exaustor).
5. Sistema para separação do ar dos produtos (Ciclone).

evaporado, remanecendo partículas sólidas, em forma de pó sepa  
radas do ar úmido por ação da força centrífuga e gravidade.

Em uma série de processamentos independentes, foram obtidos 5  
lotes de farinhas. Em seguida, o produto foi recolhido em bal -  
des receptores, de onde foi transferido para frascos de vidro -  
para armazenamento, até as avaliações através dos métodos analí -  
ticos descritos no ítem 3.B.1. Para o armazenamento, em condi -  
ções ambientais, os frascos foram fechados hermeticamente.

Nos diversos processamentos, o secador foi operado variando-se:

- A vazão do combustível (gás butano) a fim de manter constante a temperatura do ar quando este entrava na câmara do secador - (Te).
- A vazão do material com que se alimentou o "Spray-Dryer", a fim de manter constante a temperatura do ar e do produto quando estes saíam da câmara de secagem (Ts).

Para a secagem dos diferentes materiais as temperaturas (Te e Ts) de entrada e saída, as quais mostramos na Tabela 1, foram fixadas conforme às condições de secagem que propusemos, para a confecção de 5 farinhas. Também na Tabela 1 mostramos a porcentagem de sólidos contidos no material com que se alimentou o secador (Wse) e a porcentagem de sólidos nos produtos finais obtidos (Wss).

TABELA 1. Condições de Secagem para a Confecção das 5 Diferentes farinhas e a porcentagem de sólidos à entrada e saída (material e produto) do "Spray-Dryer".

FARINHAS	Te/°C	Ts/°C	Wse/%	Wss/%
I	160°C	65°C	8.0	86,7
II	165°C	85°C	9.2	89,3
III	180°C	90°C	9.2	89,6
IV	155°C	80°C	20.0	93,5
V	155°C	75°C	20.0	93,4

Te = Temperatura de ar na entrada da câmara de secagem;

Ts = Temperatura do ar e do produto na saída da câmara;

Wse = A porcentagem de sólidos nos materiais com que se alimentou o secador;

Wss = A porcentagem de sólidos nos produtos finais obtidos.

### 3.C.2. Secagem em Secador de bandejas

O material submetido a secagem no secador de bandejas foi o constituído pelas partículas grossas obtidas através dos procedimentos descritos nos ítems 3.B.2. e 3.B.3.

O material destinado à secagem foi espalhado nas bandejas do secador de maneira que formou uma camada de aproximadamente 5 milímetros de espessura, disposição em que foi levado à câmara onde as bandejas foram colocadas nos bastidores de barras fixas.

Na câmara, o ar quente (aquecido pelas resistências elétricas do equipamento) circulou sobre o material, levando à redução de sua umidade de, aproximadamente, 30%, para o índice de umidade requerido, 8 a 10%.

Com uma circulação forçada do ar, impulsionado pela ação do ventilador do próprio equipamento, numa velocidade de 300 metros por minuto e com a manutenção de sua temperatura ao redor de 60°C, conseguiu-se a secagem do material num tempo de 8 horas.

O material já seco foi retirado da câmara e transferido das bandejas para sacos plásticos, acondicionamento em que foi armazenado em condições ambientais até sua moagem.

A moagem foi efetuada num Moinho de Martelos no qual o material era introduzido através da tolva dosificadora do equipamento.

Da tolva, o material saía diretamente ao corpo pulverizador onde era moído. Do corpo pulverizador, o material, agora na forma de farinha, passava através de peneira de descarga, sendo recolhido como produto final (que designamos como farinha VI).

Esta ação pulverizadora é resultante dos choques e desgastes por fricção entre o material e os elementos de moagem (mertelos e peneiras modeladoras) do moinho (21).

Para esta operação, dotamos o moinho de uma peneira de descarga com perfurações de 1 milímetro de diâmetro, sendo que o material teve 3 passagens sucessivas pelo equipamento.

### 3.D. Balanço do Material de Estudo

Aquí no final deste capítulo de processos testados, mostramos em separado, o balanço do material de estudo; utilizado nos diferentes processos de preparação para a obtenção das farinhas.

#### 3.D.1. Balanço do Material de Estudo do Primeiro Processo Testado.

Foram empregados 15,52 kg do material de estudo, contendo teor

de sólidos de 30% ou seja 4,656 kg, para obtenção da farinha I (Diagrama 3).

Os 4,656 kg de sólidos, continuaram pelo primeiro processo de preparação até a Centrífuga Contínua, de onde foram distribuídos - nas frações líquido e sólido da seguinte forma:

Na fração líquido (24,83 kg) ficaram 1,986 kg de sólidos, os quais formam uma porcentagem de 8% no líquido alimentado no "Spray - Dryer" e com o qual foi obtida a farinha I (Tabela 1). Na fração sólido (6,21 kg) ficaram os restantes 2,670 kg de sólido; formando uma pasta, com umidade igual a 57,0% a qual foi transferida à câmara frigorífica (3.B.1.).

### 3.D.2. Balanço do Material de Estudo do Segundo Processo Testado.

Foram empregados 20,69 kg do material de estudo, contendo um teor de sólidos de 30% ou seja, 6,207 kg, para obtenção das farinhas II e III (Diagrama IV).

Os 6,207 kg de sólidos na massa saída do Moinho Cutter, entrarão no "Finisher", onde foram distribuídos dentro das porções fina e grossa. A porção de partículas grossas representando 20% do total em peso, ou seja 4,14 kg, formarão o material encaminhado a secagem no secador de Bandejas, para obter a farinha VI. Neste material foi encontrado um teor de sólidos de 70%, ou seja  $4,14 \text{ kg} \times 0,7 = 2,898 \text{ kg}$ , ficando os restantes 3,309 kg de sólidos, na porção de partículas finas (15,55 kg) que foram encaminhados para a Centrífuga de Cesto.

Os 3,309 kg de sólidos que estarão na Centrífuga de Cesto foram distribuídos na porção líquido e sólido. Na porção líquido (12,44 kg) ficaram 1,14 kg de sólidos, os quais formam uma porcentagem de 9,2% no líquido alimentado no "Spray-Dryer". Com este material foram obtidas as farinhas II e III (Tabela I).

Na porção sólido (3,11 kg) ficaram os restantes 2,169 kg de sólidos formando uma pasta com um teor de umidade igual à 30,4% que foi transferida à câmara frigorífica (3.B.2).

### 3.D.3. Balanço do Material de Estudo do Terceiro Processo Testado.

Foram empregados 25,87 kg do material de estudo, contendo um teor de sólidos de 30%, ou seja 7,761 kg, para obtenção das farinhas IV, V e VI (Diagrama 5).

Os 7,761 kg de sólidos presentes na massa saída do Moinho Cutter entrarão no "Finisher" onde foram distribuídos dentro da porção de partículas fina e grossa.

A porção de partículas grossas representando 20% do total em peso, ou seja 5,17 kg, foi encaminhada para secagem no secador de Bandejas para obter a farinha VI na qual foi encontrado um teor de sólidos de 70%, ou seja  $5,17 \times 0,7 = 3,619$  kg de sólidos, ficando os restantes 4,242 kg de sólidos na porção de partículas finas (20,70 kg) as quais depois de sua passagem pelo Moinho Coloidal formarão a dispersão ( $W_{se}=20\%$ ) com que se alimentou o "Spray-Dryer" para obter como produto as farinhas IV e V (item 3.B.3).

TABELA 2. Condições de Operação dos Equipamentos Utilizados no Primeiro Processo de Preparação.

Equipamento	Rotação em r.p.m.	Tempo de Operação em Minutos	Consumo de Energia Elétrica em Kw	Especificações
Moinho Cutter	3400	5,0	1,24	
Moinho Coloidal	3400	8,0	0,39	Abertura Máxima entre o Rotor e o Estator
Centrífuga Contínua	4000	20,0	4,98	

TABELA 3. Condições de Operação dos Equipamentos Utilizados no Segundo Processo de Preparação.

Equipamento	Rotação em r.p.m.	Tempo da Operação em Minutos	Consumo de Energia Elétrica em Kw	Especificações
Moinho Cutter	3400	Tempo 5 minutos	1,24	
"Finisher"	410	Tempo 15 minutos	0,27	Peneira com Perforações de Diâmetro de 0,06 Polegadas
Centrífuga de Cesto	2500	Tempo 10 minutos	0,62	Camisa de Lona tipo USA x 0,5mt.

TABELA 4. Condições de Operação dos Equipamentos Utilizados no Terceiro Processo de Preparação.

Equipamento	Velocidade r.p.m.	Tempo de Operação em Minutos	Consumo de Energia Elétrica Kw	Especificação
Moinho Cutter	3400	5,0	1,24	
"Finisher"	410	15,0	0,27	Peneira com Perfurações de Diâmetro 0,06 Polegadas.
Moinho Coloidal	3400	5,0	0,25	Abertura Mínima entre o Rotor e o Estator

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, procuramos relatar não só os resultados finais obtidos através dos diferentes processamentos efetuados como também observações que julgamos relevantes relacionadas com detalhes de cada fase do trabalho. Procuramos, ainda, evidenciar as razões que nos levaram a optar pela utilização de determinados equipamentos e técnicas em detrimento de outros e comentar as dificuldades enfrentadas para a consecução dos objetivos propostos, em nosso plano de trabalho.

##### 4.A. Matéria Prima

O milho em estado leitoso (20-26 dias após polinização) apresenta as melhores qualidades nutricionais que o produto pode reunir durante seus diferentes estágios de maturação (23), além de ser também nestas condições preferido pelo consumidor brasileiro (16) em razão de suas privilegiadas características organolépticas (22). Daí, a nossa opção pela industrialização do milho verde.

Porém, neste estado, o milho apresenta um inconveniente que não pode ser, em hipótese alguma, desconsiderado: tem vida curta, as

sim como é curto o período de safra do produto.

Dessa maneira, para que pudéssemos dispor de matéria prima para realização de todos os testes e ensaios, iniciamos nosso trabalho a partir do milho verde congelado.

Através da operação de descongelamento, submetendo o produto a tratamento térmico, a uma temperatura constante de 97°C, conseguimos também a inativação enzimática, sendo que testes realizados em porções de grãos, a cada intervalo de dois em dois minutos, mostraram que ao final dos 5 minutos, para os lotes de 30 quilos, e ao final dos 8, para os lotes de 50 quilos, a matéria prima não apresentava atividade da enzima peroxidase, o que nos permite concluir que já não havia qualquer atividade enzimática (25).

A operação de debulhamento parece-nos que deve merecer uma atenção especial já que a forma cilíndrica das espigas de milho apresenta dificuldades para que se faça um corte profundo dos grãos por meio de facas comuns. A impossibilidade de se retirar do sabugo o grão por inteiro parece-nos ser responsável pelo baixo teor de gordura (Tabela 5), presente na farinha número VI, uma vez que boa parte do gêrmem permaneceu aderido ao sabugo.

TABELA 5. Resultados dos Métodos Analíticos e Biológicos para Avaliação das Farinhas.

FARINHA	UNIDADE	PROTEÍNA <sup>a</sup>	CINZAS	GORDURA (Extrato etéreo %)	PROCESSO DE PREPARAÇÃO	PER	ATIVIDADE ENZIMÁTICA da PEROXIDASE
I	13.30	10.80	2.48	0.84	3.B.1	0.64	inativada
II	10.75	10.50	3.09	0.69	3.B.2	0.48	inativada
III	10.40	10.87	2.61	0.78	3.B.2.	0.25	inativada
IV	6.55	11.70	1.97	0.985	3.B.3	1.45	inativada
V	6.60	12.10	2.10	1.16	3.B.3	1.47	inativada
VI	9.10	10.10	1.92	3.21	3.B.2 e 3.B.3	1.77	inativada
VII	7.60	10.56	2.02	1.98	3.B.2 e 3.B.3.	2.23	inativada
Caseína	-	-	-	-	-	2.80	-

(a) % Proteína (fator N x 6.25)

#### 4.B. Preparação para Secagem do Grão

O grão de milho teria que ser moído, antes de sua passagem pelo "Spray-Dryer", até ser reduzido a partículas menores que o diâmetro (1 mm) dos furos distribuidores da alimentação do disco atomizador. Para essa moagem, reputamos o moinho coloidal como o mais indicado porque permitiria o fracionamento do grão em partículas ultra-finas, de tamanho ideal para atomização em disco centrífugo. Porém, para esta passagem pelo moinho coloidal, exigiu-se uma pre-moagem, para a qual utilizamos o Moinho Cutter.

No princípio da operação no Cutter, o corte do grão se realizou conforme o esperado, havendo uma redução muito rápida no seu tamanho pelas facas do equipamento, tomando o material o aspecto de uma massa constituída de partículas desuniformes, sendo nítida a separação de pericárpio e gérmen.

Contudo, aos cinco minutos de permanência do material no equipamento, a consistência desta massa já não mais permitia que as partículas sólidas continuassem sendo reduzidas, uma vez que a ação das facas sobre as mesmas resultava inútil.

Baseados nesta observação, concluímos que o tempo de moagem do grão através do Cutter deve ser o indicado pela consistência da

massa, ou seja, aproximadamente, 5 minutos.

#### 4.B.1. Utilização do Moinho Coloidal e Centrífuga Contínua

O primeiro processo de preparação do grão no qual utilizamos o Moinho Coloidal e a Centrífuga Contínua foi testado - partindo-se do princípio de que tal moinho poderia ser o equipamento que nos levaria a transformar o material em uma dispersão contendo partículas ultra-finas (15,20) ideal para alimentação do secador por atomização (18). Porém, neste procedimento encontramos os seguintes problemas, os quais nos levaram a complementar a operação com a Centrífuga Contínua:

Primeiro: as frações do grão, partículas constituídas principalmente de pericárpio e gêrmem, presentes na massa saída do Cutter, obstruíam a abertura entre o rotor e o estator, que segundo J.H.Perry (20), é da ordem de 0,018 a 0,033 mm), impossibilitando a sua própria passagem e a dos demais constituintes da massa.

Este problema foi resolvido diluindo-se a massa com água, que foi agregada ao produto na proporção de 1:1 em peso. Esta junção de água, porém, aumentou consideravelmente a umidade do material.

O segundo problema surgiu na operação de secagem, em "Spray-Dryer".

da dispersão saída do Moinho Coloidal. Logo no princípio da operação, notamos um aumento progressivo da temperatura do ar saído da câmara (Ts) e uma diminuição acelerada da vazão do material, o que indicava uma obstrução da alimentação do secador.

Observou-se que a obstrução ocorria nos furos distribuidores do disco atomizador, causada por partículas de tamanho maior que o diâmetro (1 mm) de ditos furos, ou por partículas ligeiramente menores que eles, que se juntavam nos orifícios distribuidores. Tais partículas eram frações do pericárpio que lograram passar pelo Moinho Coloidal. Naturalmente, no Moinho Coloidal, estas partículas de pericárpio lograram passar em posição vertical ou axial, tendo sua direção orientada pelos dentes dos elementos de moagem, de forma ligeiramente cônica, que exercem forças de tração sobre as partículas, (15).

Diante dos problemas que acabamos de expor, concluímos que seria necessário a separação do pericárpio do restante do material, o que realizamos, em um primeiro ensaio, através de uma Centrífuga Contínua.

Neste processo de separação, o pericárpio carregou consigo outras partículas sólidas constituindo uma porção que representava 20%

do total, em peso, do material, cujo aproveitamento é perfeitamente viável, inclusive para obtenção de farinhas através de secagem por meio de outros processos que não seja o que utiliza disco atomizador.

#### 4.B.2. Utilização do "Finisher" e da Centrífuga de Cesto

No segundo ensaio de processamento realizado, substituímos o Moinho Coloidal e a Centrífuga Contínua por um "Finisher" e uma Centrífuga de Cesto, com o objetivo de superar os problemas já mencionados.

Assim, para a eliminação das partículas grossas (constituídas principalmente de pericárpio e gérmen) da massa obtida através da moagem no Moinho Cutter, testamos o emprego do "Finisher" para peneiragens, variando sua velocidade operacional e o diâmetro de suas peneiras.

Depois de experimentar o "Finisher" funcionando a velocidades variáveis de 410 a 1400 r.p.m. e dotado de diversas peneiras com perfurações de diferentes diâmetros (0,020, 0,033, 0,060 e 0,093 polegadas) pudemos estabelecer alguns parâmetros: sendo um dos nossos objetivos a obtenção de farinhas com o máximo aproveitamento do grão, encontramos na velocidade do rotor do "Finisher" de 410 r.p.m. como a mais favorável. A escolha da peneira foi

feita em função do aproveitamento do grão, bem como em atenção às exigências do disco atomizador cujos furos distribuidores - têm diâmetro de 1 mm, concluindo-se que a peneira de perfurações com diâmetro de 0,033 polegadas era a mais indicada (Tabela 6).

Estas partículas finas, que representavam 60% do total do material, selecionado através das peneiras do "Finisher" funcionando sob as condições tidas como ótimas foram, em seguida, levadas ao "Spray-Dryer", para secagem. Observou-se, então, nesta fase, que elas não passavam pelas aberturas do disco distribuidor com a facilidade que se esperava, chegando inclusive, a obstruí-las. Este fato nos levou a reconsiderar sobre o diâmetro da peneira utilizada no "Finisher".

Depois de uma série de estudos, observamos que, mesmo com a utilização do "Finisher" com sua peneira de malha mais fina (abertura com diâmetros 0,020 polegadas), não conseguiríamos a reunião de apenas aquelas partículas de tamanho ideal para secagem no "Spray-Dryer". Assim, optamos pela utilização da Centrífuga de Cesto para realização de uma separação complementar.

Em novo ensaio, operamos o "Finisher" com uma peneira cujas aberturas

TABELA 6. Teores de Material Separado Pelo "Finisher" com as Diferentes Peneiras Testadas à Velocidade de 410 rpm.

Peneira	Partículas	
	Finas (a)	Grossas (a)
Diâmetro das Aberturas em Polegadas		
0,093 (b)	95,0%	5,0%
0,060 (b)	80,0%	20,0%
0,033	60,0%	40,0%
0,020	30,0%	70,0%

(a) % em peso do total do material

(b) as peneiras 0,093 e 0,060 polegadas tem aberturas maiores que o diâmetro dos furos distribuidores da alimentação do "Spray-Dryer".

turas eram de 0,060 polegadas de diâmetro, esperando que, com ela, conseguiríamos o melhor aproveitamento possível do grão e certos de que as partículas de tamanho maior que o desejável - que, por ventura, passassem pela malha seria separadas na etapa seguinte, através da Centrífuga de Cesto.

Com este novo processo de seleção das partículas, conseguimos reunir como apropriados para atomização cerca de 60 a 65% do total do material (Diagrama 4). Como partículas grossas foram separadas, pelo "Finisher", cerca de 20% do total e, pela Centrífuga de Cesto, outros 20% da parte selecionada na etapa anterior.

São tres, basicamente, os motivos que nos levaram à utilização da Centrífuga de Cesto; primeiro, nossa intenção de estudar o emprego de um equipamento diferente da Centrífuga Contínua e que desempenhasse as mesmas funções desta; segundo, o fato de ser considerável o número de indústrias que já dispõe de tal equipamento; terceiro, sua multiplicidade de usos.

#### 4.B.3. Utilização do "Finisher" e do Moinho Coloidal

O terceiro processo de preparação do material para secagem, no qual empregamos o "Finisher" e o Moinho Coloidal, apre

sentou as seguintes vantagens frente aos outros processamentos.

- Permite o aproveitamento de 80% do total do material;
- Não apresenta a necessidade de diluição do material em água (o que foi exigido no primeiro procedimento);
- Em consequência do que se expôs no item anterior, possibilita a alimentação do secador com material que apresenta concentração de 20% de sólidos;
- Com esta concentração de sólidos, na entrada do "Spray-Dryer", é possível diminuir as temperaturas usadas na secagem, o que favorece a conservação das qualidades nutricionais da matéria prima (Tabelas 1 e 5);
- Proporcionou uma seleção de partículas que, praticamente, levou à não ocorrência da obstrução das perfurações do prato - distribuidor de alimentação do disco centrífugo, problema apresentado, como relatamos, pelos dois primeiros processos.

#### 4.C. Das Condições de Operação do "Spray-Dryer".

No primeiro ensaio de secagem em "Spray-Dryer", operamos o equipamento com temperatura de entrada ( $T_e$ ) e temperatura de saída ( $T_s$ ) de 160 e 65°C, respectivamente, baseados em literatura (14) que indica estes parâmetros para secagem de purê de batata, produto com alto teor de amido e com conteúdo de sólidos, na fase de entrada no atomizador, semelhante ao apresentado pe-

lo material que estudamos.

Como resultado, obtivemos a farinha I, de cor âmbar, cujas características são mostradas na Tabela 5. Entre tais características salienta-se o alto conteúdo de umidade (Hhs:13,3%) do produto, o que ocasionou a formação de grumos.

Para superar este problema de formação de grumos, conscientes de que a umidade do material não poderia ser diminuída na etapa anterior, de preparação através do "Finisher" e Centrífuga de Cesto, optamos pela elevação das Te e Ts no "Spray-Dryer",

Com estas novas condições de secagem (Tabela 1), obtivemos a farinha II, de cor amarelo, sem formação de grumos e a farinha III, de cor amarelo-escuro, também sem grumos, mas com odor que caracterizava tratamento térmico excessivo do material, razão pela qual, nos ensaios posteriores, procuramos diminuir as Te e Ts, usando outra alternativa de preparação do grão, capaz de oferecer material com maior concentração de sólidos para alimentação do "Spray-Dryer".

Deve-se observar que o tratamento térmico excessivo, possivelmente foi a causa do baixo valor nutritivo do produto final, que está evidente na Tabela 5.

As farinhas IV e V foram obtidas através de outro processamento em que aperfeiçoamos, como já foi dito, o trabalho de preparação do material, o que permitiu a alta concentração de sólidos (20%), propiciando que a secagem fosse efetuada com  $T_e$  e  $T_s$  do "Spray-Dryer" muito mais baixas do que aquelas utilizadas nas secagens anteriores (Tabela 1).

Estas últimas farinhas foram as que apresentaram um maior PER.

#### 4.D. Aproveitamento das Partículas Grossas.

Considerando que o terceiro procedimento de preparação do material para secagem, no qual utilizamos o "Finisher" e o Moimho Coloidal, reuniu as melhores condições, mas não chegou a propiciar o aproveitamento do grão integral para secagem através do "Spray-Dryer", buscamos uma outra forma para secar, em separado, as partículas grossas não levadas ao atomizador, as quais representavam cerca de 20% do total do material e continham 30% de umidade (Diagramas 4 e 5).

Realizamos a secagem destas partículas grossas em Secador de Bandejas, obtendo a farinha VI que, surpreendentemente, revelou possuir um alto PER (tabela 5).

Já secas, estas partículas grossas foram submetidas a moagem em

Moinho de Martelos, a fim de que se reduzissem a tamanhos característicos ao das partículas constituintes de farinhas (100-250 $\mu$ ), permitindo, então, os exames por métodos analíticos, bem como a formulação da ração para realização dos testes biológicos.

Através de uma mistura homogênea de 60% de farinha V e 40% da farinha VI, obtivemos um último produto final, que designamos como farinha VII, que podemos considerar como uma farinha integral, cujo PER veio confirmar nossas expectativas (Tabela 7) e o qual se aproxima daquele indicado pela literatura para farinhas de milho Nutrimaiz integral obtidas pelo processo de liofilização (22).

Ao final deste capítulo mostramos, em separado, o resultado das análises granulométricas das farinhas de milho obtidas na secagem do "Spray-Dryer", (Tabela 7).

TABELA 7. Análise Granulométrica das Farinhas de Milho Obtidas na Secagem do "Spray-Dryer".

Sobre peneira Tyler nº	Tamanho de partícula ( $\mu$ )	Porcentagem retida da farinha I (%)	Teor retido das farinhas I e III (%)	Material retido pelas farinhas IV e V (%)
14	1170	0,0	0,0	0,0
28	590 - 1170	5,7	2,4	1,3
48	295 - 590	27,3	17,0	12,6
100	148 - 295	42,2	50,1	54,2
Fundo	148	24,8	30,5	31,9

Farinha I	DM = 237,5 $\mu$	Fm = 1,139
Farinhas II e III	DM = 191,5 $\mu$	Fm = 0,913
Farinhas IV e V	DM = 171,5 $\mu$	Fm = 0,833

DM = Diâmetro médio das partículas

Fm = Módulo de finura

## 5. CONCLUSÕES

Em decorrência dos resultados obtidos através dos diversos ensaios, testes e análises realizados, já podemos indicar um processo viável, sob o ponto de vista tecnológico, para obtenção de farinha de milho de qualidade nutricional satisfatória.

### Debulhamento

Feito manual ou mecanicamente, o corte do grão, para separação do sabugo, deve sê-lo em profundidade, de maneira que se obtenha o grão na sua totalidade, aproveitando-se, assim, inclusive o gérmen por inteiro.

### Irê-Moagem

O Moinho Cutter, porém, não se revelou como o mais indicado para realização desta operação, uma vez que não produz a redução do grão a partículas tão pequenas como se pretendia, além de não ter, praticamente, ação sobre duas partes do milho: o pericárpio e o gérmen.

Deve-se observar que, utilizando-se este equipamento, apesar das restrições, não deve o produto permanecer dentro dele mais que 5 minutos, pois, depois desse tempo, cessa sua possibilidade

de moagem.

### Preparação do Material para Secagem

Após triturado pelo Cutter, o material deve passar por uma operação de separação de partículas grossas e finas, através do "Finisher", que deve ser operado em baixa velocidade (410 r.p.m.) e dotado de peneira com aberturas de 0,060 polegadas de diâmetro.

Separadas, as porções de partículas grossas e finas têm destinos distintos: as primeiras são encaminhadas para secagem em Secador de Bandejas; as últimas devem ser transformadas em partículas ultra-finas, através de moagem no Moinho Coloidal.

Para que se consiga a transformação das partículas ultra-finas - em uma dispersão uniforme, deve-se fazer com que cada uma de suas porções introduzidas no Moinho Coloidal permaneça recirculando dentro dele por um mínimo de 30 segundos.

O Moinho Coloidal deve ser operado com sua abertura mínima entre rotor e estator, o que permite uma moagem bastante apurada, dando, como resultado, um produto adequado para atomização.

### Secagem

Concluimos que a utilização paralela do "Spray-Dryer" e do Seca-

Secador de Bandejas, sendo o primeiro para secagem das partículas ultra-finas e o segundo para secagem das partículas grossas, revelou-se ideal porque permite o aproveitamento integral do grão de milho, obtendo-se duas diferentes farinhas.

Por outro lado, esta utilização paralela e complementar possibilita ainda a obtenção de uma farinha de milho integral, desde que se faça a mistura do material secado em bandejas ( e remoído ) com o material secado em "Spray-Dryer". O resultado é, então, uma farinha de milho integral cujas qualidades nutricionais correspondem às aquelas que prevíamos para um produto derivado do Nutrimaiz.

Alguns parâmetros relevantes para secagem em "Spray-Dryer" que se revelaram indicados pelos resultados que obtivemos são os seguintes:

- a) A concentração de sólidos no material de alimentação do "Spray-Dryer" deve ser de, no mínimo, 20%.
- b) Na saída do equipamento, a temperatura do produto deve ser de no máximo, 70°C.

Quanto ao Secador de Bandejas, concluímos que, desde que o material (partículas grossas) a ser secado apresente baixo teor de umidade ( em torno de 30% ), pode ser operado com uma temperatu-

ra de 60°C, condições em que obtivemos uma farinha de boas qualidades nutricionais, cujo PER foi surpreendente: 1,77.

## 6. SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

1. Estudo de alterações químicas e microbiológicas ocorridas no material durante o processamento.
2. Estudo sobre a utilização do produto que obtivemos para formulações de sopas, pudins, sorvetes, etc.
3. Análise, das alterações, das condições ambientais de estocagem das farinhas obtidas.
4. Caracterização sensorial e estudos de aceitação das farinhas obtidas.
5. Estudo de processos de secagem das partículas sólidas separadas nas Centrífuga Contínua e de Cesto, e avaliação das farinhas assim obtidas.
6. Estudo do teor de cada aminoácido presente nas diferentes frações do grão, a fim de se chegar à otimização do aproveitamento do grão transformado em farinha.
7. Viabilidade de utilização do Moinho de Pedras para a realização da moagem, em substituição do Moinho Cutter.

8. Análise das implicações econômicas dos processos que estudamos.

9. Estudo das condições ideais de armazenamento da matéria prima em câmara frigorífica.

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. A.A.C.C. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 7<sup>o</sup> Ed. (1969).
2. BREADLE, J.B., JUST, D.E., MORGAN, R.E., and REINERS, R.A. Composition of Corn Oil. J. Am. Oil Chemists' Soc. 42: 90-95 (1965).
3. BRESSANI, R. and MERTZ, E.T. Studies on Corn Proteins. IV. Protein and Aminoacid Content of Different Corn Varieties, Cereal Chem. 35: 227-235 (1958).
4. BRESSANI, R., ELIAS, L.G. Mejoramiento Tecnológico de la Calidad Proteica del Maiz. Ed. INCAP, Guatemala, (1972).
5. BRESSANI, R. The Importance of Maize for Human Nutrition in Latin America and Other Countries, in Nutritional Improvement of Maize. Ed. by Bressani, R., Behar, M., and Braham, E. INCAP, Guatemala. (1972).
6. BUTRUILLE, D., BOURGES, H., PEREZ-VILLASEÑOR, J., VILLAREAL, F. Química de la Vida. Ed. por ANUIES, México. (1972).

7. DEL-VALLE, F.R., and PEREZ-VILLASENOR, J. Enrichment of Tortillas with Soy Protein by Lime Cooking of whole Haw Corn-Soybean Mixtures. J. of Food Science. 39: 244-247 (1974).
8. EARLE, F.R., CURTIS, J.J., and HUBBARD, J.E. Composition of the Components Parts of the Corn Kernel. Cereal Chem. 23: 504-511 (1946).
9. FAO. Production Year Book. Vol.29 (1975).
10. HENDERSON, S.M., and PERRY, R.L. Agricultural Process Engineering. Ed. by John Wiley and Sons Inc. N.Y. (1955).
11. INGLETT, G.E. Corn in Perspective, In Corn, Culture Processing, Products. Ed. By Inglett, G.E. The AVI Publishing Co. Inc. Westport, Conn. (1970).
12. INGLETT, G.E. Food Uses of Corn Around the World, In Corn: Culture, Processing, Products. Ed. By Inglett, G.E. The AVI Publishing, Co. Inc. Westport. Conn. (1970).
13. INGLETT, G.E. Kernel Structure, Composition and Quality,

In Corn, Culture, Processing, Products. Ed. By Inglett, G.E. The AVI Publishing, Co. Inc. Westport. Conn. (1970).

14. MASTERS, K. Applications in the Food Industry. In Spray-drying. Published by Leonard Hill Books. London (1972).
15. METEOR. O Moinho Coloidal. Manual de Instruções. Ed. por Meteor Indústria e Comércio S/A. São Paulo.
16. MINISTÉRIO DO INTERIOR. Contribuição ao Desenvolvimento da Agro-Indústria. Vol. XIV, Milho. Brasil (1974).
17. NELSON, A.I., KEMPE, L.L., NORTON, H.W., HOWARD, L.B. Studies on the Dehydration of Sweet Corn. Food Tech. 9-14 (1954).
18. NONHEBEL, G., and MOSS, A.A.H. Spray-dryers. In: Drying of Solids in the Chemical Industry. Publisher by Butterworths and Co. Ltd. London (1971).
19. OSBORNE, T.B., and MENDEL, L.B. The Use of Soybean as Food. J. Biol. Chem. 32: 369 (1917).

20. PERRY, J.H. Manual del Ingeniero Químico. Publicado por U.T.E.H. A,2: 1829-1830 (1966).
21. SENTI, F.R. and SCHAEFER, W.C. Corn, its Importance in Food, Feed and Industrial Uses. Cereal Sci. Today. 17: 352-356 (1972).
22. SGARBIERI, V.C., SILVA, W.J., ANTUNES, P.L., AMAYA, F.J. Chemical Composition and Nutritional Properties of a Sugary-1/opaque-2 ( $su_1/0_2$ ). Variety of Maize (Zea Mays L.). J. Agric. Food. Chem. 5: 1098-1101 (1977).
23. SILVA, W.J., TEIXEIRA, J.P.F., ARRUDA, P. e LOVATO, M.B. Nutrimaiz. A Tropical Sweet Corn Cultivar of High Nutritional Value. (No prelo).
24. STENBERG, M.P., NELSON, A.I. Sweet Corn in Corn, Culture, Processing, Products. Ed. By Inglett, G.E. The AVI Publishing Co. Westport Conn. (1970).
25. WHITAKER, J.R. Principles of Enzimology for the Food Sciences. Ed. Marcel Dekker, New York (1972).
26. Wolf, M.J., BUZAN, C.L., MAC MASTERS, M.M. and RIST, C.E. Structure of the Mature Corn Kernel. A Gross Anatomy and Structural Relationship. Cereal Chem. 5: 321-333 (1952).