

# TECNOLOGIA DE FARINHAS MISTAS



*Editores:*

*Ahmed El-Dash  
Moacir Roberto Mazzari  
Rogério Germani*

*Volume 1*

*Uso de  
farinha  
mista de  
trigo e  
mandioca  
na produção  
de pães*

TECNOLOGIA de farinhas mistas.  
1994  
FL-PP-2015.00001  
CTAA-12633-1

0327  
1994  
v. 1  
FL-PP-2015.00001



---

**Tecnologia de  
Farinhas Mistas**

Uso de Farinha Mista de Trigo  
e Mandioca na Produção de Pães

Volume 1

---





Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA  
Centro Nacional de Pesquisa de Tecnologia Agroindustrial  
de Alimentos - CTAA

# Tecnologia de Farinhas Mistas

Uso de Farinha Mista de Trigo  
e Mandioca na Produção de Pães

Volume 1

## **Editores**

*Ahmed El-Dash, Ph.D.*

*Moacir Roberto Mazzari, M.Sc.*

*Rogério Germani, Ph.D.*

EMBRAPA-SPI

Brasília, DF

1994

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Tecnologia Agroindustrial  
de Alimentos

Av. das Américas, 29501

Guaratiba

23020-470 Rio de Janeiro, RJ

Telex: (021) 33267

Fax: (021) 410.1090

Fone: (021) 410.1353

Tiragem: 1.000 exemplares

Unidade:	CTAA
Valor aquisição:	-
Data aquisição:	-
N.º N. Fiscal/Fatura:	-
Fornecedor:	-
N.º OCS:	-
Origem:	UPC
N.º Registro:	2015.00001

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.  
Serviço de Produção de Informação (SPI) da EMBRAPA.

Tecnologia de farinhas mistas : uso de farinha mista de trigo e mandioca na produção de pães / Editores Ahmed El-Dash, Moacir Roberto Mazzari, Rogério Germani ; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Tecnologia Agroindustrial de Alimentos. - Brasília : EMBRAPA-SPI, 1994.  
v.1, 88p.

ISBN 85-85007-39-7.

1. Farinha mista - Tecnologia. 2. Pão - Produção - Farinha mista. 3. Trigo - Farinha. 4. Mandioca - Farinha. I. El-Dash, Ahmed. II. Mazzari, Moacir Roberto. III. Germani, Rogério. IV. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Tecnologia Agroindustrial de Alimentos (Rio de Janeiro, RJ).

CDD 664

© EMBRAPA 1994

Capa: Die Presse Editorial Ltda  
Designer: Ewandro Magalhães Junior

## Tecnologia de Farinhas Mistas

Editor Geral: Ahmed El-Dash, Ph.D.

- V.1 Uso de farinha mista de trigo e mandioca na produção de pães
- V.2 Uso de farinha mista de trigo e milho na produção de pães
- V.3 Uso de farinha mista de trigo e soja na produção de pães
- V.4 Uso de farinha mista de trigo e sorgo na produção de pães
- V.5 Uso de farinha mista na produção de massas alimentícias
- V.6 Uso de farinha mista na produção de biscoitos
- V.7 Uso de farinha mista na produção de bolos



## Coordenador de Redação

Vera de Toledo Benassi

## Redatores

Moacir Roberto Mazzari

Renata Torrezan

Vera de Toledo Benassi

## Fotografia

Jarbas Morais Pacheco

## EQUIPE TÉCNICA

### Pesquisador Principal

Ahmed El-Dash

### Pesquisadores

Eliana Machado Cusin

José Emílio Campos

Manoel Maciel do Rego

Regina Della Modesta (Análise Sensorial)

Yoon Kil Chang

## Sumário

1. Introdução .....	9
2. Aspectos econômicos da mandioca .....	9
3. Características da mandioca .....	15
3.1. Características físicas.....	16
3.2. Características químicas e nutricionais.....	17
3.3. Características tecnológicas.....	19
4. Industrialização da mandioca .....	20
4.1. Produção de farinha de mandioca .....	20
4.1.1. Lavagem e descascamento.....	20
4.1.2. Trituração ou ralação .....	21
4.1.3. Prensagem e peneiramento .....	21
4.1.4. Torração .....	22
4.1.5. Trituração e peneiramento .....	22
4.2. Produção de farinha de raspa de mandioca.....	25
4.2.1. Lavagem e descascamento.....	25
4.2.2. Corte.....	25
4.2.3. Secagem .....	27
4.2.4. Trituração e peneiramento .....	28
4.3. Produção de fécula de mandioca .....	28
4.3.1. Produção de polvilho doce.....	31
4.3.2. Produção de polvilho azedo.....	34
5. Características dos produtos derivados da mandioca .....	37
5.1. Farinhas.....	37
5.2. Féculas .....	41
6. Fabricação de pães utilizando farinha mista trigo/mandioca .....	43
6.1. Efeito da adição de derivados de mandioca.....	43
6.1.1. Efeito nas características da massa .....	44
6.1.1.1. Absorção de água.....	44
6.1.1.2. Características de mistura .....	46
6.1.1.3. Propriedades de extensão.....	47
6.1.2. Efeito na fermentação .....	47
6.1.2.1. Produção e retenção de gases.....	48
6.1.2.2. Tempo de fermentação.....	49
6.1.3. Efeitos na qualidade do pão .....	50



6.1.3.1. Volume.....	50
6.1.3.2. Características externas .....	50
6.1.3.3. Características internas .....	51
6.1.3.4. Aceitabilidade .....	51
6.1.3.5. Qualidade global .....	52
6.2. Limite de substituição.....	52
6.3. Teste em padarias e indústria.....	53
6.3.1. Padarias.....	55
6.3.1.1. Padaria do CTAA-EMBRAPA.....	55
6.3.1.2. Outras padarias .....	58
6.3.2. Indústria .....	61
6.4. Fatores que afetam o nível de substituição.....	61
6.4.1. Qualidade da farinha de trigo e grau de extração .....	63
6.4.2. Método de panificação.....	65
6.4.2.1. Método da massa direta .....	66
6.4.2.2. Método da esponja .....	66
6.4.3. Tipos de pães.....	67
6.4.4. Formulação .....	68
6.4.4.1. Farinha de trigo .....	69
6.4.4.2. Água .....	70
6.4.4.3. Açúcar .....	71
6.4.4.4. Gordura .....	71
6.4.4.5. Fermento biológico.....	72
6.4.4.6. Sal .....	72
6.4.4.7. Leite .....	74
6.4.4.8. Ovos .....	74
6.4.4.9. Enzimas amilases.....	75
6.4.4.10. Emulsificantes ou condicionadores de massa.....	75
6.4.4.11. Agentes oxidantes .....	76
6.4.5. Qualidade dos derivados de mandioca.....	76
7. Valor nutricional dos pães produzidos com farinhas mistas.....	80
7.1. Farinha mista de trigo e raspa de mandioca.....	80
7.2. Farinha mista de trigo, raspa de mandioca e soja .....	81
8. Referências bibliográficas .....	85

## 1. INTRODUÇÃO

A possibilidade de utilizar derivados de mandioca em substituição parcial à farinha de trigo em produtos de panificação já tem sido estudada há algum tempo. Sua importância reside no fato de que a mandioca é uma cultura pouco exigente, presente em quase todo o território nacional e cujo processamento é bastante conhecido, sendo realizado em condições desde as mais rudimentares até linhas industriais automatizadas. A mandioca é uma planta que se aproveita integralmente: das raízes são produzidos diversos tipos de farinhas para o consumo humano; dos resíduos do processamento das raízes, bem como da parte aérea da planta (ramos e folhas) faz-se adubo e ração para alimentação animal.

Esse manual tem por objetivo mostrar que é possível obter pães de boa qualidade utilizando farinha mista trigo/mandioca. Apenas é preciso conhecer os fatores que afetam a porcentagem de substituição e, a partir disso, estabelecer as adaptações na formulação e no processamento necessárias à obtenção de um bom produto final.

## 2. ASPECTOS ECONÔMICOS DA MANDIOCA

Na última década, o Brasil foi o maior produtor mundial de mandioca, com uma produção estabilizada ao redor de 23 milhões de toneladas, somente superada em 1988 pela Tailândia.

Os maiores produtores de mandioca do mundo (produção acima de 2 milhões de toneladas) são países em desenvolvimento ou do terceiro mundo, caracteristicamente pobres, por ser a mandioca uma cultura de subsistência, sem valor comercial significativo em termos mundiais. A Tabela 1 relaciona os doze países maiores produtores de mandioca no período de 1986 a 1988, com seus respectivos dados de produção, área colhida e rendimento médio.



TABELA 1. Área (1000 ha), rendimento (kg/ha) e produção (1000 t) dos maiores produtores mundiais de mandioca (1986-1988).

Países	Área			Rendimento			Produção		
	1986	1987	1988	1986	1987	1988	1986	1987	1988
Tailândia	1.205	1.371	1.547	12.664	14.226	14.421	15.255	19.554	22.307
Brasil	2.502	1.935	1.771	12.488	12.146	12.191	25.621	23.500	21.588
Zaire	2.204	2.206	2.207	7.371	7.365	7.366	16.249	16.251	16.254
Indonésia	1.170	1.222	1.268	11.379	11.748	11.961	13.312	14.356	15.166
Nigéria	1.300*	1.300*	1.300*	11.308	10.769	10.769	14.700**	14.000	14.000
Índia	276	206	270	17.716	17.371	19.327	4.884	3.575	5.213
Tanzânia	712	700*	700*	8.750	8.751	7.143	6.227	6.000*	5.000*
Paraguai	200	205	230	14.405	16.899	16.954	2.875	3.468	3.891
China	233*	233*	237*	15.185	14.344	14.518	3.545*	3.339*	3.435*
Moçambique	570*	580*	580*	5.789	5.776	5.810	3.300	3.350	3.370
Gana	387	422	430	7.432	6.974	7.674	2.876	2.943	3.300**
Vietnam	500*	500*	500*	6.000	5.900	5.940	3000*	2.950*	2.970
Mundo	14.533	14.517	14.718	9.165	9.305	9.392	133.199	35.088	138.237

\* estimativa

\*\* dado não oficial

Fonte: FAO Production Yearbook. Roma, 1988

A mandioca além de ser uma cultura de baixo risco, adapta-se aos solos pobres e é considerada absorvedora de mão de obra não especializada, fator importante na fixação do trabalhador no campo.

Os estados brasileiros maiores produtores de mandioca estão relacionados nas Tabelas 2, 3 e 4 com suas respectivas produções, áreas colhidas e rendimentos médios. Os cinco estados maiores produtores (Bahia, Pará, Paraná, Rio Grande do Sul e Maranhão) produziram de 1980 a 1988 cerca de 50% da produção nacional. Os estados de maior concentração de indústrias de derivados de mandioca (fécula, farinha, raspa e "pelets") são: São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

A farinha de mandioca ou de mesa, cuja presença na alimentação do povo já é tradicional, principalmente nas camadas de menor renda, é relativamente fácil de ser produzida, até mesmo pelos pequenos e médios fabricantes.

A farinha de raspa de mandioca foi o primeiro produto a ser obrigatoriamente incorporado à farinha de trigo panificável, proporcionando considerável expansão da cultura, a que se seguiram retrações, em virtude do caráter temporário dessa medida. Essa indústria, marcada pela instabilidade, sobreviveu até o início dos anos 70, quando a política de subsídios tornou sua operação inviável. Atualmente, a farinha de raspa é praticamente inexistente no mercado, pois a industrialização da mandioca concentra-se principalmente na produção de farinha de mesa e fécula.

Entretanto ainda existem, principalmente no Estado de São Paulo, muitas unidades desativadas de produção de raspa de mandioca que poderiam ser reacionadas a curto prazo, à custa de pequenos investimentos. A grande maioria localiza-se junto às regiões produtoras de mandioca e poderia utilizar como matéria prima o excedente da mandioca plantada para outras finalidades, principalmente farinha de mesa.

Embora também possa ser produzida de maneira rudimentar, a



TABELA 2. Produção (t) nacional de mandioca no período de 1980 a 1989

Estados	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989*
Bahia	4.800.00	5.600.00	4.439.20	3.960.00	4.350.80	5.317.00	5.421.00	3.937.00	3.429.00	3.600.00
Pará	1.239.32	1.524.04	1.681.52	1.674.76	1.645.33	1.903.94	2.318.57	2.02437	1.908.88	2.652.94
Piauí	833.96	884.68	1.048.95	580.99	673.37	1.013.46	1.779.95	1.773.37	1.596.98	1.993.77
Maranhão	3.279.61	3.112.24	3.493.62	2.439.24	1.647.78	1.020.68	1.808.31	1.956.86	1.619.51	1.867.03
Paraná	907.31	1.100.38	1.218.47	1.383.00	1.446.25	1.722.86	1.700.00	1.853.95	1.855.32	1.743.00
R.G.do Sul	1.719.63	1.700.17	1.685.26	1.672.26	1.410.25	1.515.83	1.592.00	1.693.56	1.769.85	1.687.91
Sta Catarina	995.19	1.247.88	1.141.09	999.74	1.090.96	1.149.19	1.244.18	1.221.22	1.165.87	1.264.46
Pernambuco	1.508.64	1.442.77	1.666.24	1.365.61	1.516.32	1.474.70	1.429.58	1.291.37	1.160.96	1.203.10
Ceará	1.085.00	800.00	577.21	442.08	884.19	764.59	1.148.53	1.001.86	952.79	1.016.88
Minas Gerais	1.939.58	1.864.62	1.362.72	1.281.27	1.103.06	1.118.92	1.141.45	939.46	1.003.06	932.06
Amazonas	827.40	835.68	882.26	908.73	954.17	957.02	976.02	976.16	767.45	
<b>Brasil</b>	<b>23.465.64</b>	<b>24.516.36</b>	<b>24.072.32</b>	<b>21.568.75</b>	<b>21.289.14</b>	<b>23.072.55</b>	<b>25.555.99</b>	<b>23.499.95</b>	<b>20.844.09</b>	<b>22.725.39</b>

\* estimativa

Fonte: IBGE. Anuário Estatístico do Brasil (1980 - 87)

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (1989)

TABELA 3. Área cultivada (ha) de mandioca no Brasil, no período de 1980 a 1989

Estados	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989*
Bahia	305.000	350.000	358.000	330.000	382.500	409.000	417.000	310.000	270.000	300.000
Pará	101.929	123.408	131.106	151.621	133.707	146.185	173.030	160.462	157.545	199.005
Piauí	104.026	120.023	117.397	117.694	61.740	66.910	120.784	157.699	137.172	140.068
Maranhão	368.322	389.490	460.914	350.255	204.353	165.320	228.352	242.460	204.715	233.034
Paraná	45.982	58.700	62.500	69.870	73.688	85.800	85.800	85.445	85.242	83.000
R.G.do Sul	153.939	137.807	137.834	136.996	127.275	127.601	134.565	132.450	136.647	120.897
Sta Catarina	60.995	76.073	70.033	76.480	83.102	87.060	84.812	75.738	69.469	73.410
Pernambuco	179.600	166.362	174.824	163.842	149.760	144.555	141.168	132.794	116.210	117.479
Ceará	155.000	100.000	75.000	82.974	95.075	95.535	125.448	117.976	109.390	113.159
Minas Gerais	128.524	125.811	102.011	95.864	91.938	91.074	93.516	89.438	86.341	81.689
Amazonas	68.950	72.174	71.729	73.522	75.728	79.514	81.104	82.726	64.718	
<b>Brasil</b>	<b>2.015.857</b>	<b>2.067.253</b>	<b>2.132.942</b>	<b>2.022.837</b>	<b>1.815.539</b>	<b>1.865.766</b>	<b>2.050.313</b>	<b>1.934.811</b>	<b>1.692.358</b>	<b>1.798.751</b>

\* estimativa

Fonte: IBGE. Anuário Estatístico do Brasil (1980 - 87)

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (1989)



TABELA 4. Rendimento médio (kg/ha) de mandioca no Brasil no período de 1980 a 1989

Estados	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989*
Bahia	16.000	16.000	12.400	12.000	11.375	13.000	13.000	12.700	12.700	12.000
Pará	12.158	12.349	12.779	11.046	12.306	13.024	13.400	12.616	12.116	13.326
Piauí	8.016	7.370	8.935	4.936	10.907	15.147	14.737	11.245	11.642	14.234
Maranhão	8.904	7.990	7.547	6.809	8.063	6.174	7.919	8.108	7.911	8.012
Paraná	19.731	18.745	19.500	19.794	19.627	20.000	19.814	21.698	21.765	21.000
R.G.do Sul	11.170	12.338	12.227	12.207	11.080	11.879	11.831	12.786	12.952	13.962
Sta Catarina	16.316	16.758	16.000	13.072	13.128	13.200	14.434	16.124	16.783	17.225
Pernambuco	8.400	8.672	9.531	8.280	10.125	10.202	10.127	9.625	9.990	10.241
Ceará	7.000	8.000	8.000	5.328	9.300	8.003	8.916	8.492	8.170	8.986
Minas Gerais	15.901	14.821	13.436	13.366	11.998	12.286	12.206	10.504	11.618	11.410
Amazonas	12.000	11.577	12.000	12.000	12.000	12.000	11.800	11.800	11.800	-
<b>Brasil</b>	<b>11.640</b>	<b>11.859</b>	<b>11.344</b>	<b>10.663</b>	<b>11.726</b>	<b>12.366</b>	<b>12.464</b>	<b>12.146</b>	<b>12.317</b>	<b>12.634</b>

\* estimativa

Fonte: IBGE. Anuário Estatístico do Brasil (1980 - 87)

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (1989)

produção de fécula de boa qualidade exigem equipamentos mais sofisticados, o que não é necessário para a produção de raspas cuja tecnologia é simples e não requer mão-de-obra especializada, sendo mais apropriada para as pequenas indústrias do que a fécula.

O custo de investimento em equipamentos para a instalação de uma unidade com capacidade de 100 toneladas por dia é de 500 a 800 mil dólares para a produção de raspas. Outro problema é o abastecimento de água, que é um fator crítico para a produção de fécula, visto que são necessários cerca de 800 m<sup>3</sup> para cada 100 ton. de mandioca processada, com exigências em relação à dureza e à quantidade de íons ferrosos nessa água. Por outro lado, a produção de farinha de raspa requer apenas 250 m<sup>3</sup> de água.

Por esses motivos, o preço da fécula é mais elevado que o da farinha de raspa de mandioca. Como no que diz respeito à qualidade tecnológica para a produção de pão, a fécula e a farinha de raspa se equivalem, não é economicamente viável utilizar-se a fécula em lugar da farinha de raspa em panificação.

### 3. CARACTERÍSTICAS DA MANDIOCA

Botanicamente falando, a mandioca pertence à família Euphorbiacea e ao gênero Manihot, com grande número de espécies, sendo a mais comum a Manihot esculenta Crantz. Seu nome vulgar varia regionalmente, sendo conhecida no Brasil também como aipim ou macaxeira.

Assim como a batata em certas regiões de clima temperado, as raízes da mandioca constituem alimento de base em vários países tropicais, sendo a principal fonte de carboidrato da dieta. Na alimentação de animais a raiz pode ser consumida diretamente, na forma de fatias ou grosseiramente ralada, ou ser usada na composição de rações balanceadas na forma de farinha de raspas. A parte aérea da planta (hastes e folhas), resíduo da colheita, também é aproveitada.



Além do consumo humano e animal, deve-se lembrar que a industrialização da mandioca vem crescendo, principalmente voltada para a produção de amido e farinhas. Como alimento ou como matéria prima é importante conhecermos algumas características dessa raiz.

### 3.1. Características físicas

A mandioca é uma raiz tuberosa de forma cônica, cilíndrica ou fusiforme, podendo ter tamanho e peso variáveis. Na Fig. 1 vê-se um corte transversal de uma raiz, mostrando as diversas partes que a compõe.

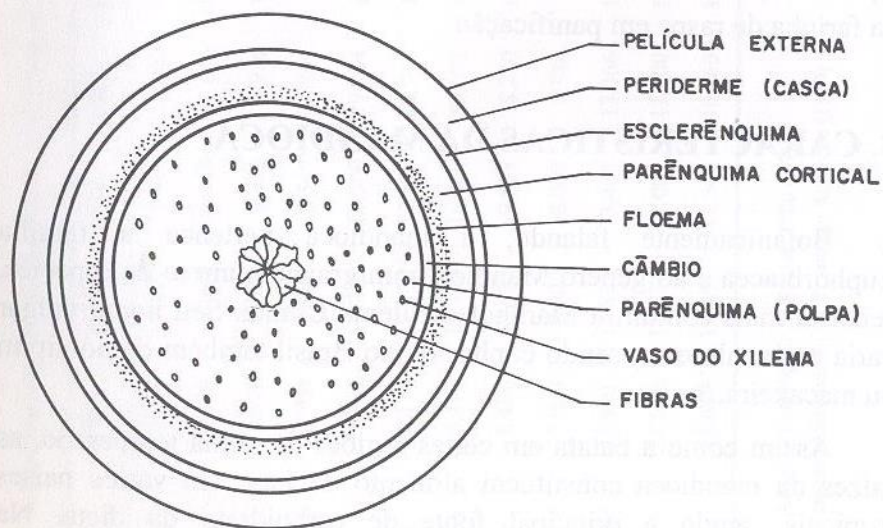


FIG. 1. Corte transversal da raiz de mandioca.

Externamente ela é revestida por uma película marrom avermelhada (em algumas variedades ela é branca) debaixo da qual existe uma casca branca espessa, formada por capas superpostas de tecidos. Mais internamente está a polpa onde se acumula o amido; ele é armazenado nas células parenquimatosas do lenho e nos vasos vasculares do xilema. As paredes dessas células são bastante delgadas, tornando o teor de celulose da mandioca quase inexpressivo. No centro estão as fibras, constituindo feixes que atravessam a raiz no sentido do comprimento. De um modo geral, as cascas e fibras representam 15 a 20% do peso total da raiz. As fibras engrossam à medida que a planta envelhece.

### 3.2. Características químicas e nutricionais

A composição química da raiz pode variar bastante, segundo a cultivar, as condições de cultivo e o estágio de desenvolvimento. Pode-se ver na Tabela 5, dados médios de composição encontrados por alguns pesquisadores. Como se pode observar, a matéria seca é quase totalmente constituída por amido, sendo praticamente desprovida de proteínas. Isto faz com que a mandioca seja, do ponto de vista nutricional, um alimento pobre. Sendo apenas uma fonte calórica, deve ser consumida em associação com alimentos protéicos.

Segundo o teor de ácido cianídrico (ou prússico) as numerosas variedades de mandioca podem ser agrupadas em duas categorias: a "brava" ou amarga e a "mansa" ou doce. Todas as mandiocas contêm este ácido, cuja concentração varia em função do cultivar e das condições de solo, umidade, temperatura e idade das plantas.

Principalmente na casca branca, mas também na polpa, são encontrados compostos que, sob ação de ácidos ou enzimas (linamarase) liberam o ácido cianídrico (HCN), que é uma substância altamente tóxica. A enzima linamarase atua quando as células são rompidas, durante o corte ou a trituração das raízes, produzindo ácido



Tabela 5. Composição química (%) da raiz da mandioca

	A	B	C
Umidade	70,25	60 - 65	60 - 75
Amido	21,45	21 - 33	18 - 23
Açúcares	5,13	-	-
Proteína	1,12	1 - 1,5	2 - 5
Gordura	0,41	0,18 - 0,24	0,1 - 0,5
Fibra	1,11	0,70 - 1,06	1,5 - 2,5
Cinza	0,54	0,60 - 0,90	0,5 - 1,9

A Grace (1977)

B Câmara et al(1982)

C Lima (1982)

cianídrico. Essa reação pode também ocorrer, mas no trato digestivo dos animais ou do homem, ao ingerirem a mandioca crua. Os efeitos tóxicos podem causar distúrbios no sistema nervoso central ou na tireóide e na atividade respiratória. Considera-se como letal a ingestão de aproximadamente 1 mg ácido cianídrico por kg de peso corporal.

A mandioca mansa, aquela que contém menos de 50 mg de ácido cianídrico por kg de matéria fresca, é cultivada para uso doméstico, enquanto que a brava, por ter geralmente maior conteúdo de amido, é cultivada com finalidade industrial.

A toxidez da mandioca limita o seu uso, na forma crua, na alimentação humana e animal. No processamento industrial, utilizam-se algumas técnicas, que envolvem etapas de maceração, fervura, torrefação, fermentação ou uma combinação desses processos, de modo a volatilizar o princípio tóxico ou extraí-lo em água. Assim, os derivados da mandioca não apresentam problemas de toxidez

### 3.3. Características tecnológicas

Apesar da importância da mandioca, um dos fatores que limitam seu cultivo é a dificuldade encontrada em conservar as raízes após a colheita. A raiz "in natura" é um produto altamente perecível, que deve ser consumido em um curto prazo (1 a 3 dias), seja à nível doméstico ou industrial. A deterioração das raízes pode ser resultado de danos mecânicos, fisiológicos ou microbiológicos, causando perda tanto na qualidade quanto no rendimento.

Em geral, manifesta-se primeiramente uma deterioração fisiológica, logo nos dois primeiros dias após a colheita, que consiste na formação de zonas escuras, localizadas como um anel em torno da polpa. Essa coloração é devida à presença de compostos fenólicos, cuja concentração nas raízes aumenta rapidamente após a colheita. Depois de 5 a 7 dias, desenvolve-se a deterioração microbiológica ou secundária, causada por diversas espécies de fungos e bactérias e que acarretam o apodrecimento das raízes, tornando-as totalmente impróprias para o consumo.

A durabilidade é função da variedade e das condições ambientais durante a estocagem. É preciso saber escolher adequadamente as condições de temperatura, umidade, aeração, para retardar ao máximo a deterioração. Podem ser empregadas várias técnicas para conservação da raiz, como o emprego de refrigeração e o recobrimento com parafina. Estas técnicas, embora eficientes, geralmente envolvem altos custos. Como a maior parte do cultivo é feita por pequenos produtores, desenvolveram-se outros métodos mais simples e baratos, podendo ser facilmente aplicados no campo. Um deles é a armazenagem em silos rústicos, onde uma pilha cônica de raízes é colocada sobre palha seca e recoberta com outra camada de palha e mais uma de terra compactada. Outra possibilidade é o uso de caixas ou sacos com serragem ou palha de arroz úmidas (50% umidade) envolvendo as raízes; pode-se acrescentar substâncias químicas para ampliar ainda mais o tempo de armazenamento.



Associado ou não ao tratamento químico, pode-se usar também sacos ou filmes de polietileno, de preferência retirando o ar de dentro dos sacos.

## 4. INDUSTRIALIZAÇÃO DA MANDIOCA

Além do uso "in natura", a mandioca pode ser usada como matéria prima industrial para de uma série de produtos para consumo humano. Os principais são a farinha de mandioca, o polvilho (doce e azedo) e a farinha de raspas.

### 4.1. Produção de farinha de mandioca

A farinha é o derivado da mandioca mais amplamente difundido no país, sendo consumido de diferentes maneiras em todas as regiões.

A farinha de mandioca pode ser produzida a nível caseiro (ou de pequena escala) ou a nível industrial. Principalmente no Norte e Nordeste a produção caseira ainda é muito importante, pela grande quantidade de estabelecimentos existentes e pelos empregos que gera, dando condição de subsistência a muitas famílias.

As principais etapas desse processamento são:

#### 4.1.1. Lavagem e descascamento

As raízes podem chegar à indústria acompanhadas de terra, pedras, e outros resíduos do campo. Essas impurezas devem ser eliminadas para diminuir a contaminação do produto, bem como para evitar danos aos equipamentos.

A lavagem se faz em lavadores, geralmente de madeira, ao mesmo tempo em que retira a película marrom externa e parte da

casca branca. Há um tipo de lavador cilíndrico, rotativo, de alimentação em bateladas, que tem o eixo interno provido de furos, por onde saem jatos de água. As raízes são atritadas, umas contra as outras, pelo movimento do tambor, ao mesmo tempo em que são lavadas. Há também os lavadores semicilíndricos estáticos, onde as raízes são transportadas continuamente por uma rosca sem fim enquanto recebem jatos de água de um aspersor colocado logo acima.

Estima-se que as impurezas e cascas retiradas nesta etapa representam 5-10% do peso total. Se necessário, devido à desuniformidade das raízes, estas podem ser repassadas manualmente para a retirada de cascas remanescentes e partes danificadas. Os resíduos são aproveitados para uso em ração animal.

#### 4.1.2. Trituração ou ralação

A mandioca limpa e descascada é reduzida a pedaços por raladores manuais ou mecânicos. Em geral, constam de um cilindro rotativo de madeira, com lâminas de aço serrilhadas fixadas paralelamente entre si e no sentido longitudinal do eixo.

#### 4.1.3. Prensagem e peneiramento

A massa de mandioca produzida por trituração tem alto teor de água, que deve ser parcialmente eliminada para facilitar a posterior secagem do material. A prensagem pode ser realizada em prensas manuais de parafuso ou em prensas hidráulicas. A água eliminada (20-30%) contém 5-7% de fécula, que é recuperada por decantação. O sobrenadante é conhecido como tucupi, com o qual se preparam pratos típicos da região Norte. A massa prensada sai na forma de um bloco compacto, que deve ser desmembrado em um outro ralador ou em um esfarelador. Depois a massa esfarelada passa por um peneiramento, onde são separadas as fibras e os pedaços de raiz ou



casca, material denominado crueira, que é geralmente destinado para ração animal.

#### 4.1.4. Torração

E uma operação delicada porque, além de secar a farinha, influi na sua cor e sabor. Os torradores, em geral, consistem de uma fomalha a lenha ou óleo combustível, sobre a qual se encontra uma chapa circular giratória. Sobre essa chapa aquecida se colocam camadas finas de massa ralada, que seca formando aglomerados (beijus), os quais são retirados por meio de uma escova giratória. Existem, embora sejam menos comuns, os torradores contínuos, aquecidos a fogo direto ou ar quente.

#### 4.1.5. Trituração e peneiramento

Os beijus são desintegrados em moinhos de cilindros, discos, martelo ou esmeril, obtendo-se uma farinha. Esta é passada por peneiras para classificação por tamanho das partículas, sendo comercializadas em duas formas: grossa e fina. O rendimento desse processo pode variar bastante, dependendo da matéria prima (cultivar, idade) e do sistema de fabricação adotado, mas normalmente encontra-se na faixa de 25 a 35 kg de farinha por 100 kg de mandioca.

Para melhor ilustrar o processamento, pode-se observar um fluxograma genérico na Fig. 2, bem como o esquema do processo na Fig. 3.

Além da farinha produzida segundo o método que se acabou de explicar, conhecida como farinha seca, há também a farinha d'água, mais comum no Norte e Nordeste. O procedimento é semelhante, com uma etapa adicional de maceração logo antes do descascamento.

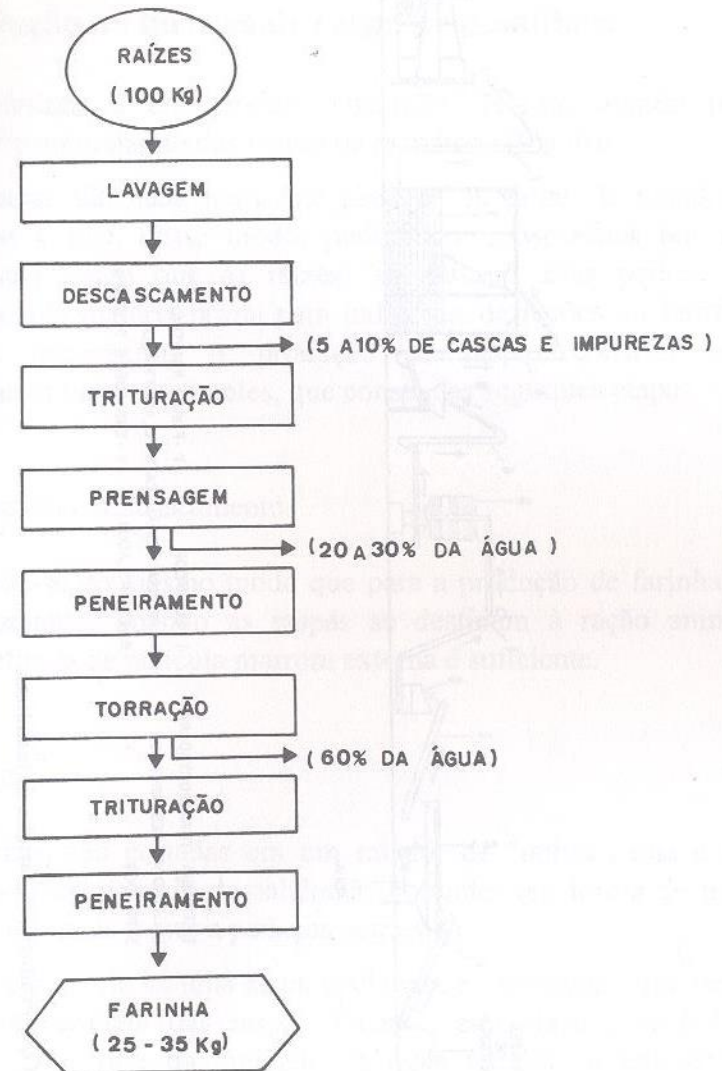


FIG. 2. Fluxograma de produção de farinha de mandioca.



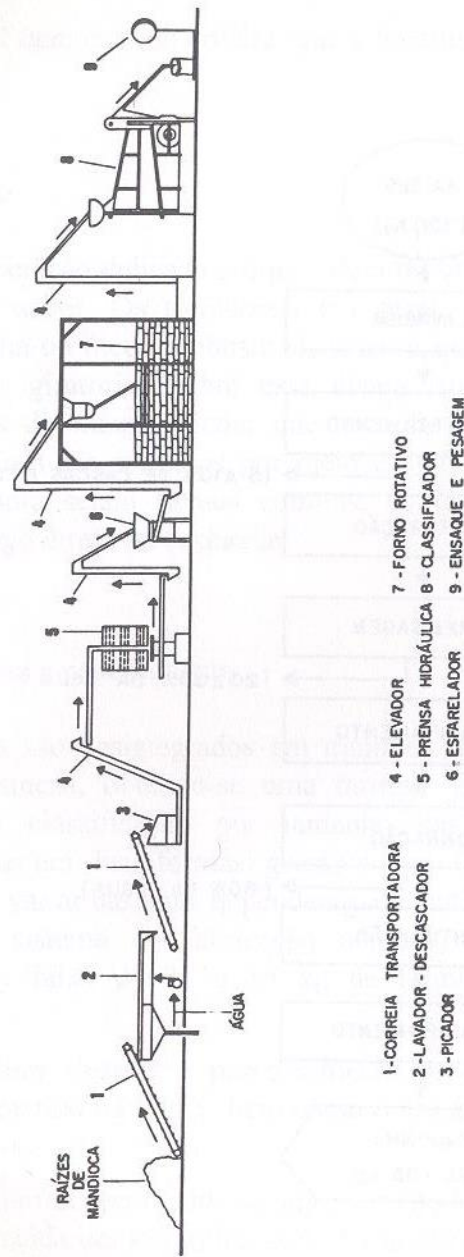


FIG. 3. Produção de farinha de mandioca.

As raízes são deixadas macerando, em água parada ou corrente, até que as cascas se soltem e as raízes amoleçam.

## 4.2. Produção de farinha de raspa de mandioca

Esta farinha é um produto cru (não torrado), obtido pela trituração e peneiramento das raspas de mandioca (Fig. 4).

As raspas são nada mais que pedaços ou fatias de mandioca desidratadas e que, desse modo, podem ser conservadas por um período mais longo que as raízes "in natura". Elas podem ser utilizadas como matéria prima para indústrias de rações ou farinhas durante a entressafra. A produção de raspas consiste num processamento bastante simples, que consta das seguintes etapas:

### 4.2.1. Lavagem e descascamento

Procede-se do mesmo modo que para a produção de farinha de mesa. Entretanto, quando as raspas se destinam à ração animal, apenas a retirada da película marrom externa é suficiente.

### 4.2.2. Corte

As raízes são cortadas em um ralador de "unhas", que é um cilindro metálico provido de saliências cortantes em forma de meia lua, que reduzem as raízes a pedaços pequenos.

Depois do corte há uma etapa opcional de prensagem, que reduz o tempo de secagem das raspas. Quando esta etapa é realizada, elimina-se 25 a 40% da umidade. A água retirada arrasta amido (cerca de 7%) e deve ser posta à decantar para permitir a recuperação da fécula. Arrasta também certas enzimas, que causariam o escurecimento do produto em um processo mais demorado.



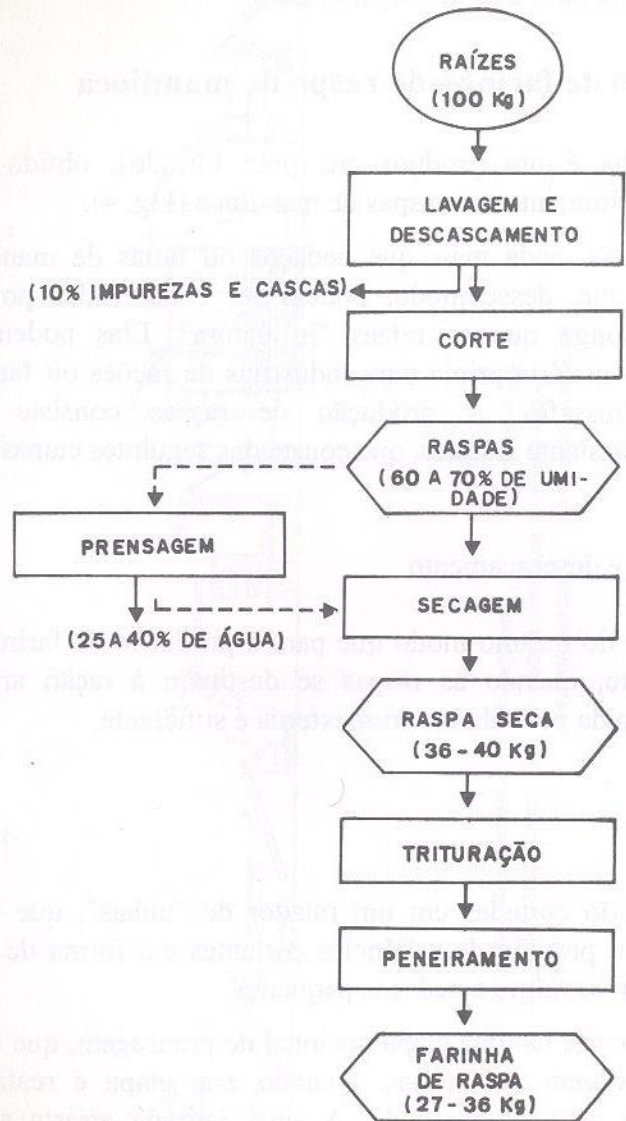


FIG. 4. Fluxograma de produção de farinha de raspa de mandioca.

#### 4.2.3. Secagem

Pode ser realizada ao sol ou em secadores apropriados. A secagem ao sol é simples, mas a duração, bem como o resultado obtido, dependem das condições climáticas. As variáveis que influenciam o processo de secagem natural são : temperatura, velocidade e umidade relativa do ar, radiação solar, além de características do próprio produto, como umidade inicial, forma e dimensão dos pedaços e a quantidade por área exposta à secagem.

As raspas podem ser espalhadas em terreiros de cimento ou, para permitir melhor circulação de ar, em peneiras inclinadas colocadas sobre estrados. Durante a noite, o produto deve ser recolhido ou coberto para não absorver umidade, que traria problemas de contaminação (fungos) e escurecimento. Quando espalhadas em terreiro, as raspas devem ser reviradas a cada duas horas, mais ou menos, até que a umidade atinja aproximadamente 13%. A secagem demora de 10-20 horas, podendo, em casos onde a radiação solar é excepcionalmente baixa, levar até três dias. A utilização de bandejas inclinadas permite acelerar o processo. A quantidade de material por área deve ser de 5-12kg/m para secagem em terreiro e 10-16 kg/m em bandejas.

A secagem artificial ou mecânica é realizada pela circulação forçada de ar quente. Os secadores utilizados podem ser do tipo: túnel rotativo e câmara de secagem. O custo de instalação deste tipo de secadores, é elevado, mas apresenta várias vantagens como : independência das condições meteorológicas, fácil e rápida operação, melhor controle das condições de secagem, evitando a contaminação microbiológica. Deve-se tomar o cuidado de não expor as fatias a temperaturas muito altas no início, pois esta provoca rápida perda de umidade superficial, como também a gelatinização do amido, que tanto dificultam a eliminação do restante da água como afeta a qualidade do produto final. Para evitar esse problema, é conveniente



ter o fluxo de matéria prima e o de ar em contra corrente, assim a raspa que entra encontra ar menos quente e mais úmido.

Ao final da secagem, obtêm-se as raspas, cujo rendimento de processo varia de 30-40%, dependendo da matéria prima e do processo utilizado. Os dois processos mais utilizados no Brasil são: processo D'Andrea e Hubrich. O processo D'Andrea, que pode ser visto na Fig. 5, inclui a etapa de prensagem das raspas antes da secagem, por prensas cilíndricas hidráulicas giratórias. A secagem é feita em secador vertical por duas a seis horas, dependendo das características iniciais do produto e das condições de operação. A temperatura não deve exceder a 65 °C na entrada e 50 °C na saída.

O processo Hubrich, que está ilustrado na Fig. 6, dispensa a prensagem das raspas, que vão para o secador horizontal rotativo com uma umidade inicial de 60-70%. Embora esse processo retenha toda a matéria seca das raízes, o consumo de energia é maior, assim como a possibilidade de gelatinização do amido.

#### 4.2.4. Trituração e peneiramento

A farinha é obtida a partir da trituração das raspas usualmente em moinhos de martelo e peneiramento. Usam-se peneiras centrífugas ou rotativas, geralmente com abertura de 0,150 mm. O rendimento em farinha depende da qualidade da raspa, do tamanho de partícula desejado e da umidade, estando entre 87 e 92%. O que fica retido é conhecido como farelo e é usado em ração animal.

### 4.3. Produção de fécula de mandioca

Costuma-se denominar "fécula" ao amido proveniente de raízes e tubérculos, sendo que, no caso da mandioca, é ainda mais comum o emprego do termo "polvilho", seja ele do tipo doce ou azedo.

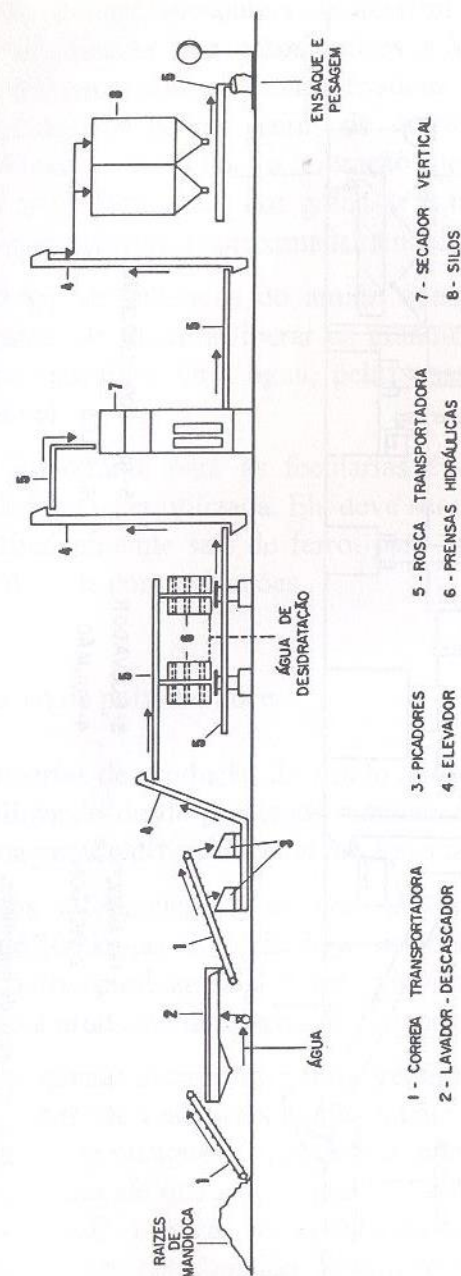


FIG. 5. Produção de raspa de mandioca.



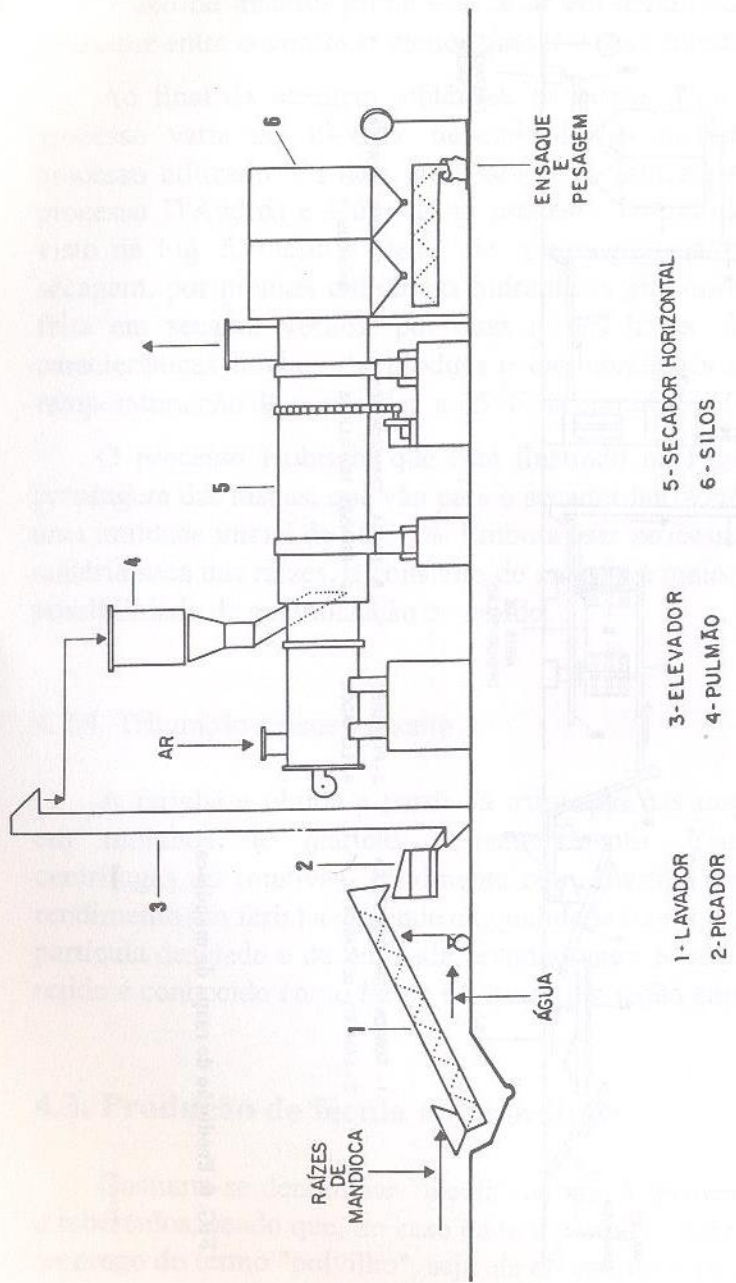


FIG. 6. Produção de raspa de mandioca.

O amido é uma substância de reserva que se deposita nas plantas, principalmente nos grãos, raízes e tubérculos. Ele forma grânulos de diferentes formas e características, segundo o vegetal em questão. Devido aos baixos teores de outros componentes como proteínas, fibras e gorduras, a extração do amido de raízes e tubérculos é mais fácil que a dos grãos. Nas raízes existem 20-30% de amido, o que equivale a aproximadamente 90% da matéria seca.

O processo de obtenção do amido consiste, basicamente, em triturar as raízes de modo a liberar os grânulos de amido de dentro das células e extraí-los com água, pela separação das fibras e do material solúvel.

Muito importante para as fecularias é a disponibilidade e a qualidade da água a ser utilizada. Ela deve ser potável e isenta de sais minerais, principalmente sais de ferro, para que o amido produzido seja claro e livre de contaminações.

#### 4.3.1. Produção de polvilho doce

As indústrias de produção de amido apresentam diversos níveis técnicos, utilizando desde processos manuais até os mais modernos. Isto gera uma grande diversidade de produtos no mercado.

Devemos diferenciar: a) as pequenas produções rurais, que produzem até 200 kg polvilho/dia, b) os estabelecimentos de pequeno ou médio porte, produzindo 1-5 ton. polvilho/dia e c) as grandes indústrias, cuja produção ultrapassa 40 ton. polvilho/dia .

a) Nas pequenas instalações rurais, geralmente operadas por uma família, as etapas são realizadas manualmente. As raízes são lavadas em tanques ou com mangueiras e raladas à mão. A massa é lavada em peneiras de taquara até que a água não saia mais leitosa. Essa água é recolhida e deixada decantar em cochos de madeira até que a água sobrenadante se apresente límpida. Removem-se o sobrenadante e as



impurezas da superfície do amido decantado. O amido é lavado várias vezes para retirar as demais impurezas e, a seguir, é seco ao sol e moído.

b) Nos estabelecimentos de pequeno e médio porte já se observa alguma mecanização, com ralação mais eficiente e melhor rendimento. As raízes são lavadas, descascadas e raladas (como foi descrito para a produção de farinha) e a massa ralada é bombeada para escovadeiras. Estas tem um corpo semicilíndrico, de paredes perfuradas, com um eixo rotativo provido de escovas. A massa é comprimida contra a parede pelas escovas, enquanto recebe jatos de água para "lavar" o amido. Este "leite" é peneirado para retirar bagacilhos e vai para os canais de decantação ou para centrífugas. Os canais de decantação, método mais rudimentar que as centrífugas, são tanques onde o "leite" percorre um longo trajeto em ziguezague, à baixa velocidade, o que causa deposição do amido e eliminação da água. As centrífugas, com rotação entre 1500 e 2000 rpm, tem malhas que retém o amido e deixam passar a água e outras partículas menores. O amido separado é lavado para que haja uma purificação e é depois submetido à secagem em secador de túnel ou pneumático. Assim como para as raspas, não é bom que o amido, no início, entre em contato com temperaturas muito elevadas, pois poderia sofrer gelatinização. Aconselha-se então a secagem com ar quente em contracorrente com a alimentação. Formam-se aglomerados de fécula, que são reduzidos em moinho de martelo e peneirados. Uma ilustração desse tipo de processamento pode ser observada na Fig. 7.

c) As grandes indústrias são totalmente automatizadas, realizando rapidamente todas as operações e evitando fermentações que prejudicam a qualidade do amido. As raízes passam pela lavagem, descascamento, corte e desintegração, onde as células são totalmente rompidas, com liberação dos grânulos de amido. A operação de separação do amido é realizada em uma série de extratores : o material desintegrado passa por extratores cada vez mais finos, saindo totalmente sem fibras. Os componentes solúveis

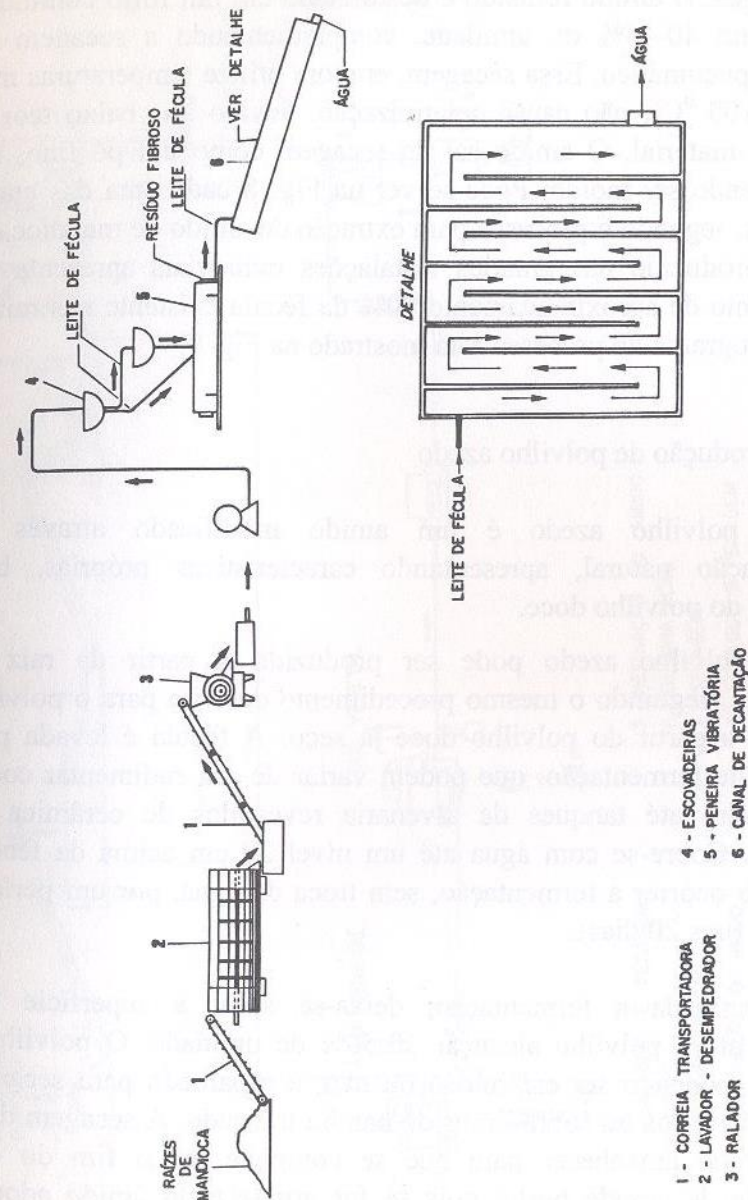


FIG. 7. Produção de amido de mandioca.



(açúcares, proteínas, gordura) são separados na etapa de refinação, em centrífugas. O amido refinado é desidratado em um filtro contínuo à vácuo, até 40-45% de umidade, complementando a secagem em secador pneumático. Essa secagem, embora utilize temperaturas mais altas (~100 °C), não causa gelatinização, devido ao baixo teor de água do material. O amido sai da secagem como um pó fino, não necessitando ser moído. Pode-se ver na Fig. 8 cada uma das etapas descritas, segundo o processo para extração de amido de mandioca. O amido produzido nas grandes instalações industriais apresenta um rendimento de aproximadamente 90% da fécula existente nas raízes. Um fluxograma do processo está mostrado na Fig. 9.

#### 4.3.2. Produção de polvilho azedo

O polvilho azedo é um amido modificado através da fermentação natural, apresentando características próprias, bem diversas do polvilho doce.

O polvilho azedo pode ser produzido a partir da raiz de mandioca, seguindo o mesmo procedimento descrito para o polvilho doce ou a partir do polvilho doce já seco. A fécula é levada para tanques de fermentação, que podem variar de um rudimentar cocho de madeira até tanques de alvenaria revestidos de cerâmica ou azulejos. Cobre-se com água até um nível 20 cm acima da fécula, deixando ocorrer a fermentação, sem troca de água, por um período variável (uns 20 dias).

Terminada a fermentação, deixa-se secar a superfície dos tanques até o polvilho alcançar 30-50% de umidade. O polvilho é retirado, podendo ser esfarelado ou não, e espalhado para secar ao sol, em terreiros ou sobre jiraus de bambu trançado. A secagem deve começar ao amanhecer para que se complete até o fim do dia, (indústria de grande porte) pois se for armazenado úmido adquire coloração azulada. Depois de seco, o produto apresenta uma

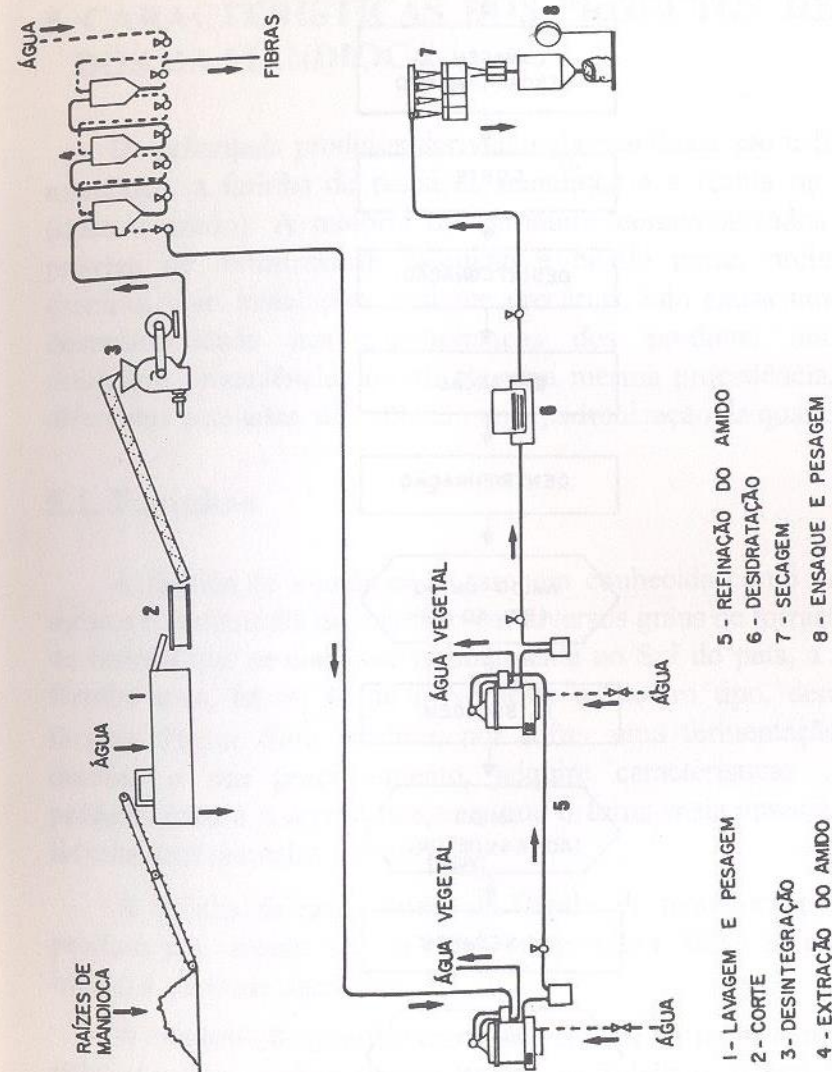


FIG. 8. Produção de amido de mandioca.





FIG. 9. Fluxograma de produção de fécula de mandioca.

granulação típica e assim é embalado e distribuído, sem moagem, classificação ou controle de qualidade.

## 5. CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS DERIVADOS DA MANDIOCA

Os principais produtos derivados da mandioca são a farinha de mandioca, a farinha de raspa de mandioca e a fécula ou polvilho (doce e azedo). A maioria dos produtos comercializados no país provém de indústrias de pequeno e médio porte, muitas vezes caseiras, com instalações bastante precárias. Isto causa uma grande desuniformidade nas características dos produtos obtidos de diferentes procedências ou até de uma mesma procedência, mas de diferentes bateladas, dificultando uma padronização da qualidade.

### 5.1. Farinhas

A farinha de mandioca é também conhecida como farinha de mesa e é encontrada no mercado em diversos graus de torração. Além da farinha que se consome normalmente no Sul do país, a chamada farinha seca, há no Norte e Nordeste um outro tipo, denominado farinha d'água. Esse produto, por sofrer uma fermentação natural durante o seu processamento, adquire características sensoriais próprias (como o aroma rançoso) que o torna mais apreciado que a farinha seca naquelas regiões.

A farinha de raspa difere da farinha de mandioca por ser um produto cru, apenas seco à baixa temperatura. Deve apresentar cor branca e odor característico.

A composição química das farinhas pode variar bastante. Alguns valores médios podem ser observados na Tabela 6. A legislação fixa limites para a composição dessas farinhas, como se pode ver na Tabela 7.



**TABELA 6. Composição química média (%) da farinha de mandioca e da farinha de raspa**

	Farinha de mandioca	Farinha de raspa
Umidade	9,98 - 14,60	6,26 - 10,94
Amido	69,10 - 77,00	70,08 - 83,11
Proteína	0,90 - 1,30	0,82 - 2,80
Fibra	4,70 - 5,30	1,20 - 3,11
Cinza	0,80 - 1,20	1,02 - 2,23

**TABELA 7. Características exigidas pela legislação brasileira para as farinhas de mandioca e de raspa de mandioca**

	Farinha de mandioca	Farinha de raspa
Umidade (% p/p max.)	14,0	14,0
Acidez (ml de solução normal, % p/p max.)	2,0	2,5
Amido (% p/p min.)	70,0	75,0
Proteína (% p/p min.)	1,5	-
Resíduo mineral fixo (% p/p max.)	2,0	-

Também segundo a legislação, as farinhas devem apresentar o seguinte padrão microbiológico:

- Contagem padrão em placa: máximo de 500 microorganismos/g;
- Coliformes fecais: ausência em 1 g;
- Clostrídios redutores de sulfito (44 °C): máximo de 20
- Microorganismos/g;

- *Staphylococcus aureus*: Ausência em 0,1g;
- Salmonelas: ausência em 25g;
- Fungo e leveduras : máximo de 1000 microorganismos/g;
- *Bacillus cereus*: máximo de 1000 microorganismos/g.

Determinações de outros microorganismos devem ser realizadas quando forem necessários dados adicionais sobre o estado higiênico-sanitário das farinhas ou em caso de toxinfecções alimentares.

Em termos de classificação comercial, a farinha de mandioca obedece às normas da Comissão Técnica de Normas e Padrões, estabelecidas pela Portaria nº 244 do Ministério da Agricultura. Na Tabela 8 vêem-se os grupos, subgrupos e tipos de farinha de mandioca.

Além dos tipos 1, 2 e 3, há ainda a farinha classificada como tipo 4, ou seja, aquela sem análise completa de laboratório, desde que o classificador declare expressamente que a farinha não apresenta quaisquer características que a desclassifiquem, como odor e sabor estranhos, mau estado de conservação ou presença de materiais estranhos (tolerados até 0,05%).

As farinhas com análise completa de laboratório cujas características não se enquadram nos tipos 1, 2 e 3, serão consideradas fora de padrão. Essas farinhas podem ser comercializadas desde que não apresentem características desclassificantes e no rótulo deve constar o grupo e subgrupo a que pertencem, seguidos da expressão "excluído padrão".

As farinhas que não se enquadrarem nos tipos indicados e, além disso, apresentarem características desclassificantes, não serão liberadas para consumo humano.



TABELA 8. Classificação da farinha de mandioca

Grupo	Farinha d'água			Farinha seca				
	Fina (- de 30% é > 2mm)	Grossa (+ de 30% é > 2mm)	Fina (- 10% é > 2mm e - de 10% é < 0,074)	Grossa (+ 10% é > 2mm e - de 5% é < 0,074)	Fina (- 10% é > 2mm e - de 10% é < 0,074)	Grossa (+ 10% é > 2mm e - de 5% é < 0,074)	Beneficiad (100% é < 1m - de 10% é < 0,	
<b>Tipo</b>	1	2	3	1	2	3	1	2
tolerância máxima percentual	13	13	13	13	13	13	13	13
Umidade	3	3	3	3	3	3	3	3
Acidez	2	2	2	2	2	2	2	2
Cinzas	70	68	65	70	68	72	70	72
Amido*	1	2,5	5	-	0,5	1	2	-
Conglomerados	1,3	3	6	1,5	3	6	1,5	2,5
Raspas	1,5	2,5	4	1,5	2,5	4	1	2
Fibras, fiapos e entrecascas	-	-	-	-	0,15	0,30	1	-
Pontos pretos	0,5	1	1,5	0,5	1	1,5	0,5	1
Cascas	-	-	-	-	-	-	-	-

\* Tolerância mínima

Quanto às classes, as farinhas de mandioca podem ser agrupadas como:

- **Branças:** possuem cor branca do próprio produto, admitindo-se variação até creme claro;
- **Amarelas:** possuem cor amarela do próprio produto podendo variar de creme escuro a amarelo;
- **Outras cores:** as que não se enquadram nas classes anteriores.

## 5.2. Féculas

Por definição, fécula é o produto amiláceo extraído das partes subterrâneas comestíveis dos vegetais (tubérculos, raízes e rizomas). No caso da mandioca, esse amido é mais conhecido pelo nome de polvilho. Ambos os polvilhos devem ser fabricados a partir de matérias primas sãs e limpas; devem apresentar-se livres de sujidades, parasitos e larvas, não podem ser úmidos, fermentados ou rançosos.

A composição química dos polvilhos doce e azedo está mostrada na Tabela 9.

TABELA 9. Composição química média (%) do polvilho doce e azedo

	Polvilho doce	Polvilho azedo
Umidade	10,00	13,5
Amido	97,00	84,5
Proteína	0,15	1,20
Fibra	0,50	0,30
Cinza	0,0001	0,004



O polvilho azedo apresenta características sensoriais próprias e uma granulação típica, prestando-se para a produção de biscoitos, sequilhos e pão de queijo.

Para caracterizar um amido, é muito importante conhecer suas propriedades de gelatinização. A faixa de gelatinização do amido de mandioca é de 58-70 °C, mais baixa portanto que a do amido de trigo (70-75 °C). A viscosidade do amido de mandioca aumenta rapidamente com o aquecimento e cai também bruscamente com a agitação e aquecimento contínuo.

A legislação exige limites para a composição química dos polvilhos doce e azedo, como se vê na Tabela 10. Os países importadores são mais exigentes que a legislação brasileira, estipulando padrões de cor, granulometria, uniformidade, odor, umidade, cinzas, materiais estranhos, pH e viscosidade (a frio e a quente). Os padrões microbiológicos são os mesmos que para as farinhas.

**TABELA 10. Características físicas e químicas exigidas pela legislação brasileira para os polvilho doce e azedo**

	Polvilho doce	Polvilho azedo
Umidade (% p/p max.)	14,0	14,0
Acidez (ml solução normal % v/p max.)	1,0	5,0
Amido (% p/p min.)	80,0	80,0
Resíduo mineral fixo (% p/p max.)	0,5	0,5

## 6. FABRICAÇÃO DE PÃES UTILIZANDO FARINHA MISTA TRIGO/MANDIOCA

O principal objetivo deste capítulo é mostrar as possibilidades de substituição parcial da farinha de trigo por produtos derivados da mandioca. Problemas econômico-políticos à parte, a questão chave da utilização de farinhas mistas é que nenhuma outra farinha, além da de trigo, possui características tecnológicas próprias para a produção do pão que estamos acostumados a consumir. No entanto, mostraremos que é possível produzir os mesmos tipos de pães feitos normalmente apenas com farinha de trigo, desde que se saiba como a adição de sucedâneo influencia o processo de panificação e quais as eventuais modificações que devem ser introduzidas para obter o melhor resultado final.

### 6.1. Efeito da adição de derivados de mandioca

As proteínas da farinha de trigo, ao serem misturadas com a água, formam uma massa com características especiais. Estas permitem que a massa aumente de volume, pela ação dos gases produzidos na fermentação e expandidos no assamento, sem se romper facilmente. Essa rede elástica, conhecida como glúten, é responsável pela "força" e pela estrutura macia e porosa do pão de trigo.

Quando se adiciona uma farinha de composição e propriedades bem diferentes da farinha de trigo, como é o caso da mandioca, que é um produto essencialmente composto de amido, é de se esperar que ocorram mudanças no comportamento da massa produzida. Ao substituir parte da farinha de trigo por outra farinha, o glúten passa a representar uma menor porcentagem (ou seja, há uma "diluição" do glúten) e, conseqüentemente a massa enfraquece.



Nem todos os derivados da mandioca apresentam características adequadas para a produção de pães. O polvilho azedo, por exemplo, é utilizado essencialmente na confecção de determinados produtos como o biscoito de polvilho, pão de queijo, sequilhos, etc. A farinha de mandioca ou farinha de mesa é mais comumente consumida a nível doméstico. Já o polvilho doce (PD) e a farinha de raspa de mandioca (FRM) apresentam características mais apropriadas para compor farinhas mistas juntamente com a farinha de trigo.

O PD não é tradicionalmente usado em panificação devido ao seu alto custo de produção. Ele é um produto mais puro, de menor rendimento de obtenção e que exige equipamentos mais sofisticados para a sua produção que a FRM. No entanto, se por algum motivo seu preço se tornar acessível, em determinada época ou região, o amido de mandioca poderá ser usado com sucesso em lugar da FRM.

A FRM contém pouca quantidade de proteína e de gordura, alguns açúcares, amido e outros carboidratos. Além do efeito de diluição do glúten que o amido provoca, a FRM tem ainda outros componentes que interagem com a farinha de trigo, podendo causar efeitos indesejáveis. Dentre esses componentes, o que mais influencia o comportamento da FRM são as fibras, enquanto que a presença de açúcares parece afetar apenas a absorção de água.

A seguir veremos mais detalhadamente os efeitos produzidos pela adição de derivados de mandioca à farinha de trigo.

#### 6.1.1. Efeito nas características da massa

##### 6.1.1.1. Absorção de água

Uma condição importante para se obter uma boa massa é adicionar a quantidade correta de água. A absorção de água de uma farinha é a quantidade de água que ela precisa absorver para formar uma massa de consistência adequada. Algumas farinhas necessitam

mais água, outras menos; isto está principalmente relacionado com o teor de proteína de cada farinha.

A absorção de água da farinha de trigo se altera quando são adicionados outros produtos, como a FRM ou o PD. O aumento na absorção de água, em geral, é desejável, sob o ponto de vista econômico, pois a massa "rende" mais, ou seja, se consegue fazer mais massa com a mesma quantidade de farinha. No entanto, se esse aumento for excessivo, pode deixar a massa pegajosa, difícil de manusear e moldar. Isso é o que acontece quando adicionamos farinha de mandioca crua ou torrada à farinha de trigo. Este é um dos motivos pelos quais elas não são consideradas apropriadas para a produção de pães.

A Tabela 11 mostra alguns dados de absorção de água para misturas contendo farinha de raspa de mandioca, polvilho doce ou farinha de mandioca em relação a uma farinha de trigo pura.

TABELA 11. Absorção de água de massas contendo diferentes níveis de derivados de mandioca

Produto	% de substituição	% de absorção de água
Farinha de trigo (FT)	-	55,7
Farinha de raspa de mandioca (FRM)	5	55,1
	10	55,5
	15	55,9
	20	56,1
Polvilho doce	10	53,9
Farinha de mandioca torrada	10	68,7



### 6.1.1.2. Características de mistura

A mistura da massa é muito importante, pois durante essa etapa todos os ingredientes são postos em contato e se desenvolve a rede de glúten, fundamental para a estrutura do pão. Quando a massa atinge o ponto ideal de mistura, ela se apresenta lisa, homogênea e elástica. Se ela for misturada por mais tempo depois que esse estágio foi alcançado, a estrutura da massa não aguenta e se rompe, prejudicando sua qualidade.

A massa contendo derivados de mandioca possui uma menor proporção de glúten que a massa de farinha de trigo, por isso é mais fraca, resiste menos à mistura. Isto significa que ela deve ser misturada por um tempo mais curto, já que apresenta um comportamento menos estável frente à mistura. Considerando que o tempo de mistura requerido por uma massa de farinha de trigo representa 100%, pode-se observar na Tabela 12, o decréscimo sofrido pelo tempo em consequência da substituição da farinha de trigo por derivados de mandioca.

TABELA 12. Comparação entre os tempos de mistura requeridos pelas massas de farinha de trigo com adição de derivados de mandioca

Produto	% de substituição	% de absorção de água
Farinha de trigo (FT)	-	100
Farinha de raspa de mandioca (FRM)	5	96
	10	84
	15	76
	20	68
Polvilho doce	10	70
Farinha de mandioca torrada	10	80

### 6.1.1.3. Propriedades de extensão

A massa de farinha de trigo, devido ao glúten, possui duas características importantes para a formação de um pão de boa qualidade. Ela tem a capacidade de ser esticada sem se romper, por isso se diz que ela é extensível, ao mesmo tempo que é capaz de voltar à sua forma original, motivo pelo qual é considerada elástica. Quando uma farinha produz uma massa muito elástica e pouco extensível. Os gases que se formam irão empurrar a massa, mas ela não conseguirá aumentar muito de volume. Por outro lado, se a massa é muito extensível e pouco elástica, também não teremos bons resultados ela não consegue manter bem o formato do pão, ficando achatada e murchando ao crescer. O equilíbrio entre as duas propriedades, extensibilidade e elasticidade, é fundamental para que a massa possa crescer durante a fermentação e o assamento.

Quando adicionamos derivados de mandioca a uma farinha de trigo, suas propriedades de extensão se alteram, uma vez que o glúten é diluído. A tendência é diminuir tanto a extensibilidade como a elasticidade à medida que se adicionam níveis crescentes de FRM ou PD à FT.

### 6.1.2. Efeito na fermentação

Depois da mistura e da moldagem, a massa deve passar por um ou mais períodos de descanso ou fermentação antes de ser assada.

O fermento biológico usado para fazer pão consiste de células vivas de leveduras, microrganismos que transformam o açúcar presente na massa em álcool e gás carbônico. É a presença desse gás por toda a massa que faz com que os pães aumentem de volume durante a fermentação e, principalmente, durante o assamento, quando os gases se expandem pelo aquecimento.



É preciso que haja sempre açúcares suficientes na massa para que a fermentação não pare. Além disso, é preciso que se tenha uma rede de glúten bem desenvolvida, ou seja, uma massa suficientemente elástica e extensível para aumentar de volume sem se romper. Assim, para obter um pão de bom volume, é preciso haver um equilíbrio entre a capacidade de produzir gás e a capacidade de retê-lo.

Vejamos como a adição de FRM afeta esses dois fatores e, conseqüentemente, o tempo de fermentação.

#### 6.1.2.1. Produção e retenção de gases

A produção de gás está diretamente relacionada com a quantidade de açúcar disponível na massa. O açúcar total da massa é constituído pelos açúcares naturalmente presentes na farinha, pelo açúcar adicionado na formulação (sacarose) e por aquele que é produzido a partir do amido pela enzima alfa-amilase durante a própria fermentação. Quando a quantidade de enzima na farinha é muito baixa, pode haver uma falta do açúcar durante o processo de fermentação.

Geralmente a farinha de rapa de mandioca possui em sua composição mais açúcares que a farinha de trigo. Isto faz com que a farinha mista resultante apresente maior capacidade de produzir gases. No entanto, a quantidade de que ela contém é muito pequena. Este fato não chega a representar um problema, a menos que a farinha de trigo utilizada na mistura também seja muito pobre nessa enzima.

A FRM não tem amido gelatinizado, pois é crua, mas pode apresentar vários teores de amido danificado, dependendo do modo como foi produzida. Se esse conteúdo for muito alto, a ação da enzima existente será intensa e, além dos açúcares que interessam à fermentação, haverá também produção de grande quantidade de dextrinas, as quais absorvem muita água e deixam o miolo do pão úmido e gomoso.

Assim, o efeito global da FRM sobre a produção de gás poderá ser positivo ou negativo, uma vez que depende do seu teor de amido danificado, da quantidade de amilase e do conteúdo de açúcares dessa farinha.

A capacidade de reter gás depende das características viscoelásticas ou de extensão da massa (dadas pelo glúten da farinha de trigo) e representa a capacidade dela ser "esticada", com o aumento de volume, sem se romper. Como já foi explicado, a adição de outras farinhas provoca uma "diluição" do glúten da massa, prejudicando essas características. Além do problema de diluição, a capacidade da massa em reter os gases pode ser também prejudicada pela presença de fibras existentes na FRM, as quais podem provocar o rompimento da rede de glúten.

#### 6.1.2.2. Tempo de fermentação

À medida que avança a fermentação, o volume da massa vai aumentando progressivamente até um ponto em que ela não produz mais gás, ou não suporta mais a pressão dos gases produzidos, e se rompe. O tempo ideal de fermentação é o período onde se consegue um bom equilíbrio entre a produção e a retenção dos gases, antes que alguma dessas capacidades, ou ambas, comecem a declinar. Portanto, se a massa for colocada no forno quando tiver alcançado este equilíbrio, o pão resultante será o melhor possível de se obter com aquela farinha. Os padeiros geralmente reconhecem que este estágio foi alcançado pressionando a superfície da massa fermentada e verificando se ela se deforma ou não. Pelo que foi exposto até agora pode-se dizer que, comparada com uma massa de FT, a massa com FRM deve ser fermentada por menos tempo, já que tem menor capacidade de retenção de gases. O tempo ideal de fermentação deve ser definido na prática, para cada nível de mistura e para as condições de trabalho escolhidas.



Dados obtidos em testes de laboratórios mostraram uma redução de aproximadamente 7% no tempo ideal de fermentação com a adição de 10% de FRM, de 12% com 15% de FRM e de 20%, com 20% de FRM.

### 6.1.3. Efeitos na qualidade do pão

Em geral, diz-se que um pão é bom quando tem boa aparência e gosto agradável. No entanto, essa avaliação é subjetiva, ou seja, depende da pessoa que a faz. Em termos de pesquisa, é preciso que se faça um julgamento mais detalhado e imparcial, onde se observam as principais características dos pães produzidos. Comentaremos resumidamente essas características, de modo a mostrar como se faz uma avaliação mais objetiva de um pão.

#### 6.1.3.1. Volume

Essa característica pode ser estimada visualmente e determinada precisamente em equipamentos apropriados. Como regra geral, o volume deve ser o maior possível, desde que isso não afete as demais características do pão.

Os pães com FRM sofrem um decréscimo no volume, tanto maior quanto maior o nível de substituição, ou seja, os pães com 5% de FRM tem o volume praticamente inalterado em relação ao pão padrão, mas acima de 15% essa diferença já é bastante significativa.

#### 6.1.3.2. Características externas

São as responsáveis pelo aspecto geral do pão. Um bom pão deve ser simétrico, ou seja, apresentar um formato regular, sem

deformações. A cor da crosta deve ser dourada, brilhante e o mais homogênea possível. Deve-se avaliar também o quanto o pão cresce e se expande no forno; no pão de forma chama-se "quebra" à medida do quanto o pão se "abre" nas laterais ao crescer, equivalente à "pestana" do pão francês.

A adição de FRM não afeta a simetria, a menos que haja algum problema de manuseio. A quebra fica ligeiramente prejudicada devido à diminuição do volume e a cor da crosta pode apresentar-se mais escura, dependendo do seu conteúdo de açúcares.

#### 6.1.3.3. Características internas

Estão relacionadas com o miolo e coma parte interna da crosta. A crosta ou casca não deve ser muito grossa nem muito fina, nem muito fechada nem muito aberta, nem muito quebradiça e nem "borrachenta". Quanto ao miolo, seus "buracos" ou células devem ser de preferência pequenos, uniformes e de forma alongada e sua cor deve ser clara, brilhante e uniforme. O miolo não deve ser áspero, mas ter textura suave, aveludada e uniforme.

O miolo dos pães com FRM pode apresentar estrutura mais compacta e, embora a textura seja macia, o miolo pode tornar-se ligeiramente mais pesado e úmido. A cor, praticamente, não se altera.

#### 6.1.3.4. Aceitabilidade

Embora seja difícil descrever em palavras, todos conhecem o sabor e o aroma típicos de um bom pão. Não deve haver qualquer sabor ou aroma estranhos e o pão não deve estar muito ácido ou com gosto de massa crua, nem apresentar-se seco ou úmido demais.

Os pães com FRM não apresentam qualquer sabor ou aroma estranhos, embora seja perceptível a diferença entre eles e um pão



padrão feito somente de farinha de trigo, quando o nível de substituição for superior a 10%.

#### 6.1.3.5. Qualidade global

Apesar da queda observada na qualidade tecnológica, principalmente relacionada com o volume e característica do miolo, os pães adicionados de FRM apresentam sabor e aroma agradáveis, podendo ser bem aceitos pelo consumidor.

## 6.2. Limite de substituição

A quantidade máxima de farinha de trigo que pode ser substituída por derivados de mandioca, ou seja, o limite de substituição, é difícil de se estabelecer porque depende de vários fatores. Um desses fatores é a variação na qualidade da farinha de trigo, que dificulta a produção de um pão de qualidade padronizada, embora usando sempre a mesma formulação e procedimento. Se esse problema ocorre na produção de pães apenas de trigo, mais cuidado ainda será necessário quando se trabalha com farinha mista, uma vez que a farinha sucedânea provoca outras alterações nas características da massa. A substituição parcial da farinha de trigo por FRM exige adaptações na formulação e no procedimento normalmente utilizados, de modo a obter um bom resultado final.

Em termos de formulação, o primeiro a ser observado é se a adição de FRM causa alterações na absorção de água. Pode ser interessante aumentar o teor de açúcar e de gordura adicionados, uma vez que formulações mais ricas nesses ingredientes produzem pão de farinha mista com melhores características.

As etapas de processamento mais afetadas pela adição de FRM são a mistura e a fermentação. O tempo de mistura precisa ser

ligeiramente reduzido, uma vez que a massa fica mais fraca (tem menos glúten) e por isso resiste menos à mistura. O tempo de fermentação também deve ser diminuído porque, estando mais fraco, o glúten não aguenta reter uma grande quantidade de gás.

As sugestões indicadas acima são resultado de pesquisas realizadas em nossos laboratórios, onde foram produzidos pães com substituição de 5, 10, 15 e 20% de farinha de trigo por FRM, a fim de verificar qual seria o limite de substituição. A aparência externa e interna desses pães pode ser observada na Fig. 10, em comparação a um pão padrão. A farinha de trigo utilizada foi a comercial, enquanto que a FRM foi produzida nas próprias instalações do Centro Nacional de Pesquisa de Tecnologia Agroindustrial de Alimentos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CTAA-EMBRAPA).

Os pães produzidos com até 15% de adição de FRM apresentaram características aceitáveis enquanto que, para níveis acima deste, a qualidade decaiu bastante, refletindo numa diminuição acentuada do volume e da quebra. Assim, nas condições desse experimento, consideramos 15% como o limite de substituição. No entanto, se um panificador vai trabalhar com a farinha mista, ele deve primeiro fazer alguns testes em seus equipamentos e formulações habituais e tirar suas próprias conclusões a respeito do nível mais adequado de substituição. Para um melhor resultado, é aconselhável que também se faça um pequeno teste em cada lote de farinha de trigo recebido.

## 6.3. Teste em padarias e indústria

Além dos dados teóricos fornecidos até agora, seria interessante mostrar os resultados práticos de uma pesquisa realizada pelo CTAA-EMBRAPA, sobre a viabilidade da substituição parcial da farinha de trigo por farinhas sucedâneas.



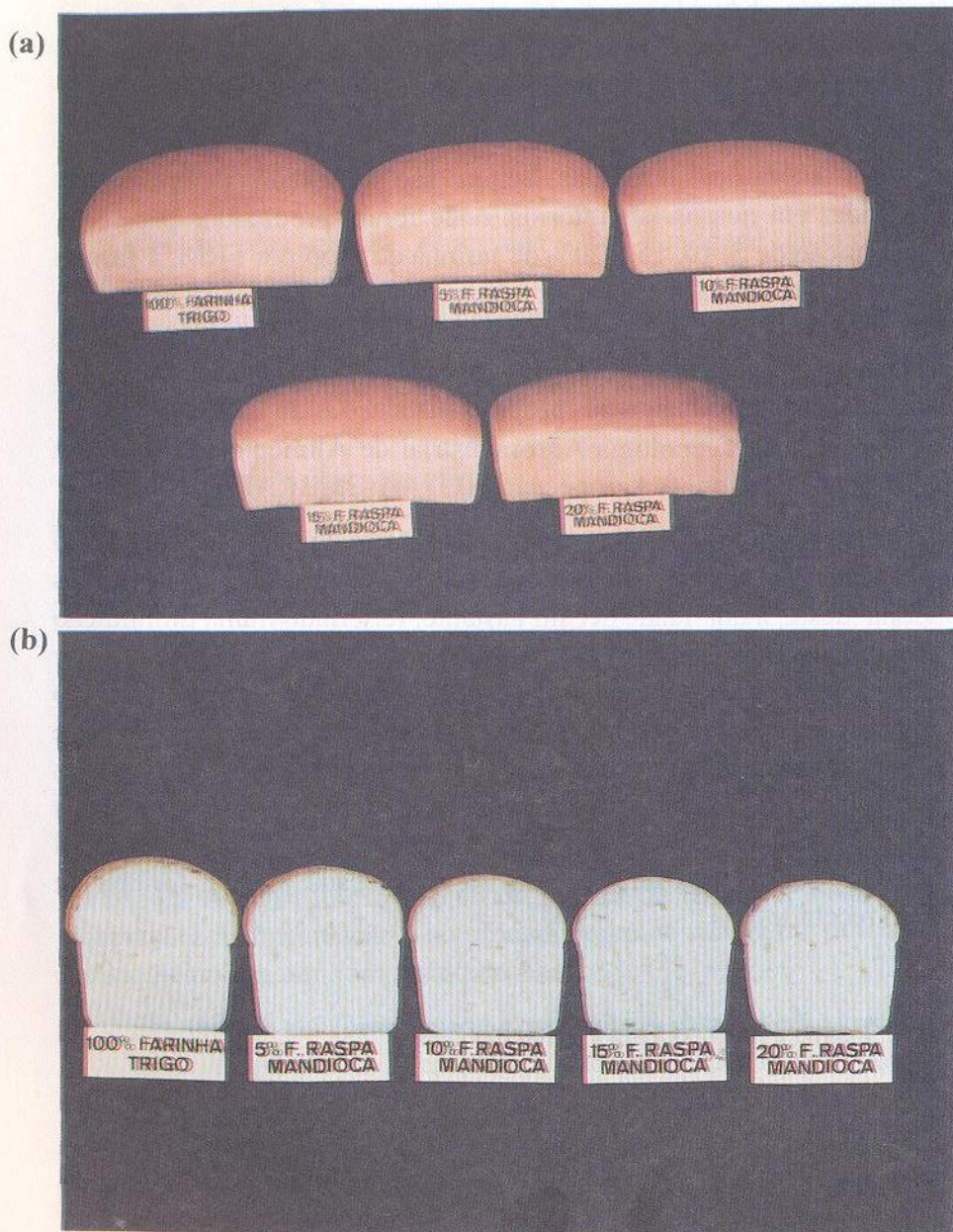


FIG. 10. Características externas (a) e internas (b) dos pães produzidos com 0, 5, 10, 15 e 20% de FRM.

Este experimento teve como ponto de partida o teste de laboratório, onde se escolheu o nível de 15% como limite de substituição da farinha de trigo por FRM.

Sabemos, no entanto, que fazer pão em maior quantidade e sob condições menos controladas que as do laboratório pode exigir algumas adaptações do processamento ou formulação. Para se verificar se a farinha sucedânea apresentaria os mesmos resultados tanto em pequena quanto em grande escala, foram produzidos pães com FRM em algumas padarias e uma indústria, testando também a aceitação de pães junto aos consumidores.

### 6.3.1. Padarias

Primeiramente foram produzidos na padaria do CTAA diversos tipos de pães com FRM, utilizando o nível limite de substituição indicado no laboratório (15%), a fim de se confirmar na prática a validade desse resultado.

A seguir foram também produzidos pães em algumas padarias localizadas em diferentes regiões do Brasil, cada qual utilizando a sua formulação e procedimento normais, para demonstrar claramente que esse tipo de farinha pode ser usado por qualquer panificador. Os pães do tipo francês continham um nível proposadamente alto (20%) de substituição, para verificar a aceitação desse produto pelo consumidor comum.

#### 6.3.1.1. Padaria do CTAA-EMBRAPA

Foram produzidos pães do tipo francês, pão de forma e pães doces, todos com substituição de 15% da farinha de trigo por FRM. O método de panificação utilizado foi o de massa direta, ou seja, a mistura feita em uma só etapa, a qual foi realizada em masseira convencional de baixa velocidade. O desenvolvimento da massa foi completado por cilindragem, até que a massa se apresentasse lisa, elástica e brilhante.



A quantidade de água adicionada na formulação foi determinada empiricamente, apenas pela sensibilidade do padeiro.

Por ser mais rico em gordura e açúcar, que "amolecem" a massa, o pão de forma necessitou de menos água que o pão francês e o pão doce ainda menos que o de forma.

O resultado final pode ser apreciado na Figura 12, onde são mostrados os pães de forma, francês e doces produzidos com 10% de FRM.

O fluxograma completo da produção dos pães pode ser visto na Fig. 11.



FIG. 11. Fluxograma de produção de pães na padaria do CTAA/EMBRAPA.

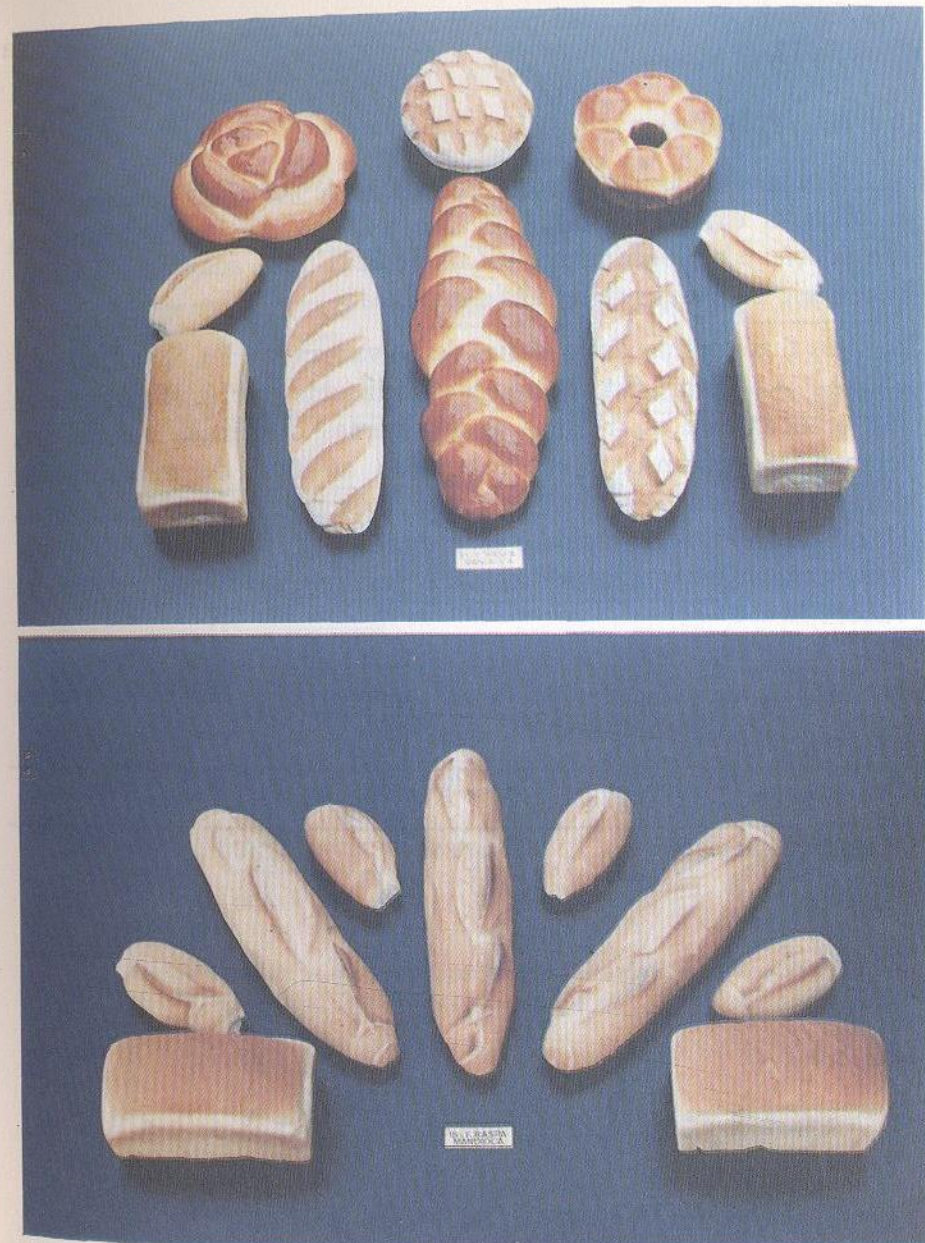


FIG. 12. Pães produzidos na padaria do CTAA/EMBRAPA com 15% de FRM.



As formulações utilizadas para produzir cada tipo de pão estão na Tabela 13.

### 6.3.1.2. Outras padarias

Foi produzido pão francês com adição de 20% FRM em padarias localizadas em São Paulo, Salvador e Porto Alegre, utilizando a formulação e o procedimento usuais de cada uma, adaptados quando necessário para o uso da farinha sucedânea.

Os fluxogramas das padarias de Salvador (A e B), São Paulo (C e D) e Porto Alegre (E) podem ser visualizados na Fig. 13. As etapas são praticamente as mesmas, com algumas diferenças quanto aos tempos de descanso. Também quanto ao tipo de mistura elas diferiram: as padarias A e B utilizaram misturadeira rápida, a padaria D, misturadeira semi-rápida e as padarias C e E misturadeira lenta. As formulações utilizadas em cada padaria podem ser vistas na Tabela 14.

TABELA 13. Formulações utilizadas para a produção de pães na padaria do CTAA-EMBRAPA

Ingredientes	Pão francês	Pão de forma	Pão doce
Farinha de trigo (g)	850	850	850
FRM (g)	150	150	150
Açúcar (g)	10	30	100
Sal (g)	17,5	17,5	17,5
Gordura (g)	15	30	30
Melhorador de massa (g)	10	10	20
Fermento (g)	30	30	50
Ovos (unidade)	-	-	2
Água	variável	variável	variável

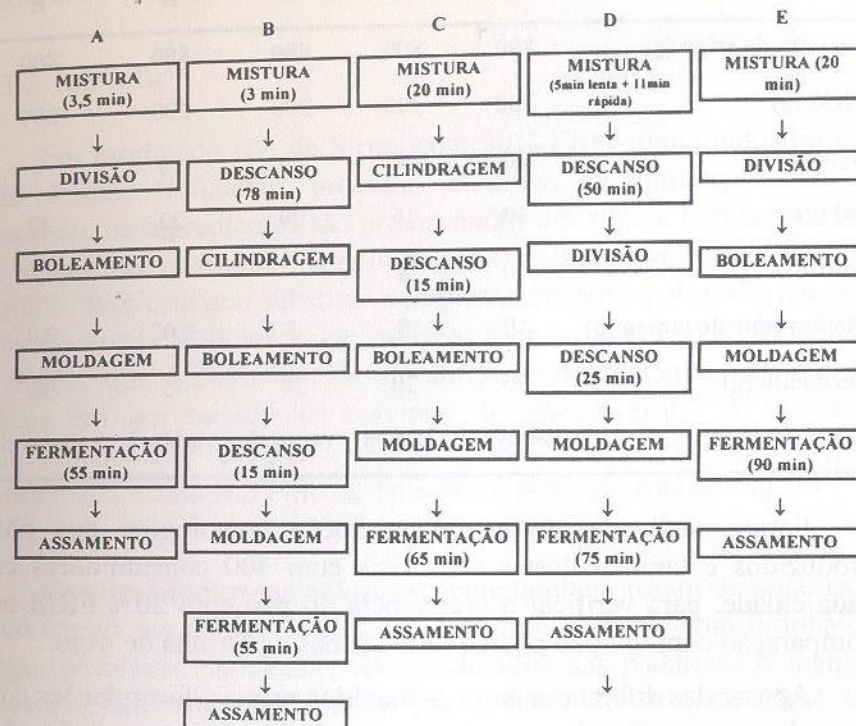


FIG. 13. Fluxogramas de produção do pão francês utilizados nas padarias de Salvador (A e B), São Paulo (C e D) e Porto Alegre (E)



**TABELA 14. Formulações utilizadas para a produção de pães na padaria do CTAA-EMBRAPA**

Ingredientes	A	B	C	D	E
Farinha de trigo (g)	800	800	800	800	800
FRM (g)	200	200	200	200	200
Açúcar (g)	10	4	40	10	-
Sal (g)	10	16	20	22	22
Gordura (g)	10	8	-	-	-
Melhorador de massa (g)	10	8	3	0,02	2,4
Fermento (g)	50	20	20	15	32
Água	variável	variável	variável	variável	variável

Foram realizados testes de avaliação tecnológica dos pães produzidos e também testes sensoriais com 400 consumidores em cada cidade, para verificar a preferência do pão com 20% FRM em comparação com um pão padrão feito apenas de farinha de trigo.

Apesar das diferenças entre as matérias-primas, formulações e os procedimentos utilizados nas diversas padarias, os pães produzidos tiveram características semelhantes.

A adição de 20% de FRM não atribuiu qualquer sabor estranho ao pão, mas reduziu a qualidade, refletida em um menor volume, crosta mais grossa e estrutura do miolo mais compacta. Concluiu-se que o nível de adição utilizado nos testes foi um pouco elevado, e que níveis inferiores seriam mais recomendados para obtenção de pães de farinha mista com melhores características tecnológicas.

No entanto, apesar desse nível de substituição ter provocado uma diminuição na qualidade tecnológica global dos pães, observou-se, pelo teste sensorial realizado, que eles foram bem aceitos pelos

consumidores. Em Salvador, constatou-se que o pão padrão foi preferido significativamente àquele com 20% de FRM. Em São Paulo e Porto Alegre, os pães com FRM foram preferidos significativamente ao padrão.

### 6.3.2. Indústria

Foi produzido pão de forma com 20% FRM numa indústria em São Paulo, utilizando processo contínuo de produção. Nesse processo, os ingredientes são armazenados em silos e bombeados até os tanques de mistura. Primeiro prepara-se uma esponja ou fermento líquido, fase esta que substitui a fermentação principal dos processos convencionais. Adicionam-se então os outros ingredientes, formando a massa, que é desenvolvida até atingir consistência e elasticidade ideais em um misturador contínuo de grande atrito. A massa é automaticamente dosada e colocada nas formas, sendo a seguir fermentada e assada. O fluxograma desse processo está na Fig. 14.

Os pães produzidos industrialmente também foram de qualidade tecnológica um pouco inferior àqueles feitos somente com farinha de trigo, problema semelhante aos produzidos nas padarias. A análise sensorial também demonstrou que o nível de 20% de FRM foi excessivo, uma vez que o padrão foi preferido significativamente. Portanto, se o nível de substituição fosse um pouco inferior ao utilizado, a qualidade tecnológica do pão e sua preferência possivelmente se assemelhariam mais às do padrão.

### 6.4. Fatores que afetam o nível de substituição

Nos itens anteriores, foram expostos os efeitos da adição de derivados de mandioca na farinha de trigo. Algumas sugestões de alterações no processamento e formulação e também resultados



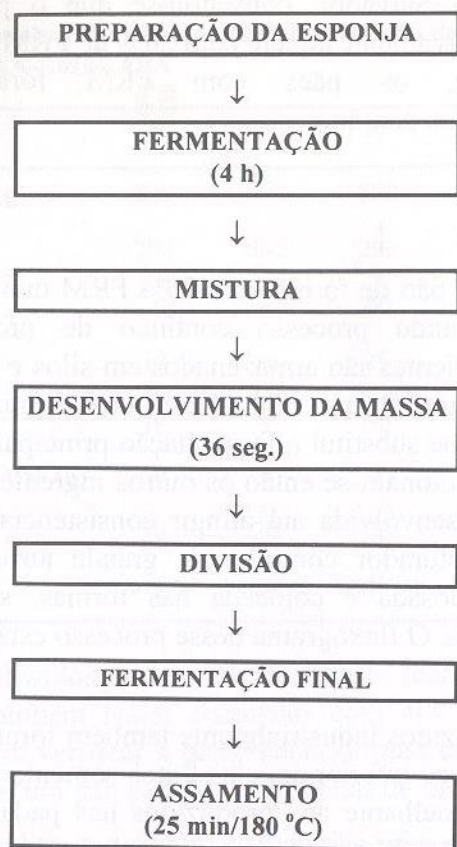


FIG. 14. Fluxograma de processo contínuo (Am Flow) de produção de pão.

práticos da aplicação dessas farinhas mistas foram mostrados. Esses resultados são válidos para aquelas condições descritas, mas não é possível generalizar para qualquer situação.

Cada panificador trabalha em condições próprias, não se pode dar uma "receita" que, seguida à risca, dará sempre bons resultados.

Um dos grandes problemas no Brasil é que a farinha de trigo é vendida somente com base na sua quantidade de cinza e não com base também em sua quantidade de glúten. Essa falta de opção ou controle dificulta muito a mistura com farinhas sucedâneas, uma vez que o nível de substituição aceitável depende diretamente da qualidade da farinha de trigo. Além da qualidade da farinha de trigo, outros fatores como o método de panificação, formulação, tipo de pães e as características da farinha sucedânea afetam o nível de substituição. Esses fatores serão detalhados a seguir.

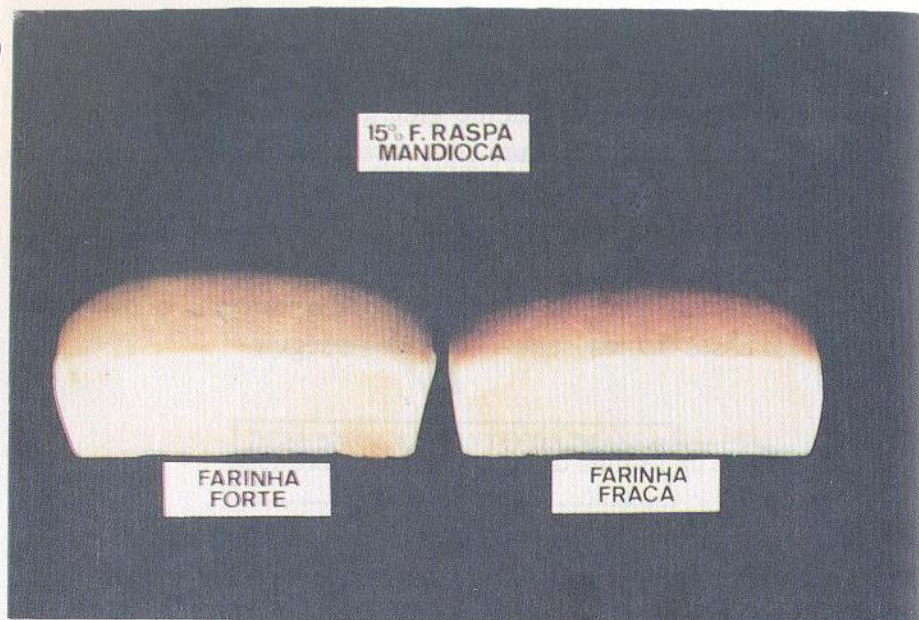
#### 6.4.1. Qualidade da farinha de trigo e grau de extração

Qualquer farinha de trigo, seja esta derivada de trigos fortes ou fracos, tem um limite específico de tolerância para ser substituída por farinhas sucedâneas. O nível de substituição da farinha de trigo depende essencialmente da qualidade e da quantidade da proteína presente na farinha. Quanto melhor for a qualidade da proteína, isto é, se a proteína tem grande capacidade de formar glúten, e quanto maior for a quantidade desta proteína, maior será sua tolerância à substituição por farinha sucedânea. No entanto, se a farinha for de um alto grau de extração (acima de 78%), como no caso da farinha comum, mesmo que ela tenha uma proteína de alta qualidade, sua capacidade de substituição será bem reduzida. Essa diferença pode ser observada na Fig. 15, onde se vêem pães com um mesmo nível de substituição produzidos com uma farinha de trigo forte e outra fraca.

Além da proteína, existem outros fatores, embora de menor importância, que estão diretamente relacionados com a qualidade da farinha de trigo, como amido danificado e enzima alfa-amilase, que também contribuem para uma maior ou menor tolerância de substituição com farinhas sucedâneas. A presença desses componentes é de importância fundamental na etapa de fermentação e cozimento e seu conteúdo, tanto na farinha de trigo como na sucedânea, deve ser levado em consideração para se obter bons resultados.



(a)



(b)

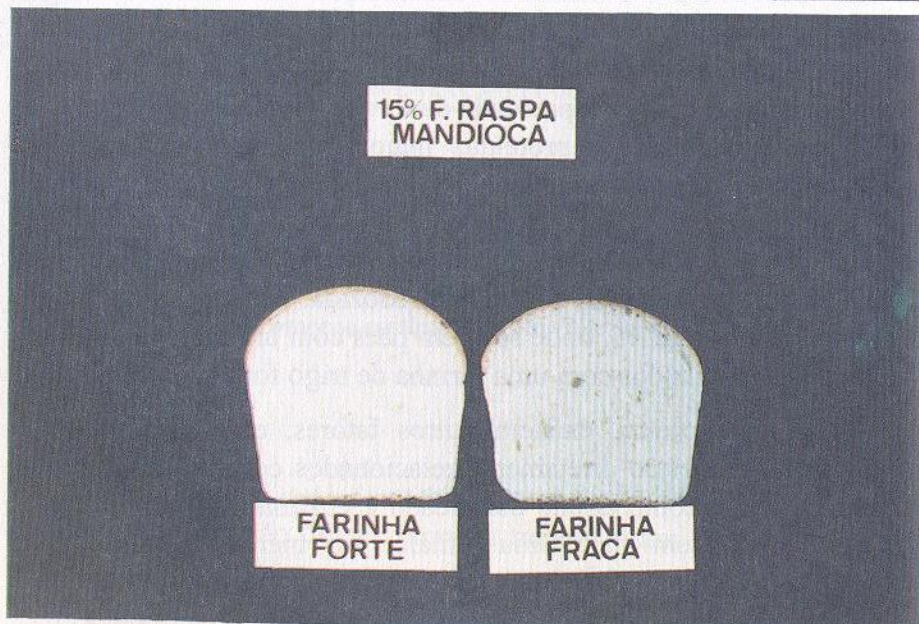


FIG. 15. Características externas (a) e internas (b) dos pães com 15% de FRM produzidos com farinha de trigo forte e fraca.

A Tabela 15 mostra os valores médios de diversos parâmetros de qualidade tecnológica que uma farinha deve ter para ser considerada de boa qualidade para produção de pão.

TABELA 15. Qualidade tecnológica da farinha de trigo para produção de pão.

Especificações	pão francês	pão de forma
teor de proteína	13,5 - 15,5	11,0 - 12,5
Absorção de água (%)	63 - 68	60 - 64
Estabilidade de mistura (minutos)*	9 ou mais	7,5 ou mais
Extensibilidade **	média - alta	média - alta
Elasticidade **	alta	média - alta
Viscosidade máxima (unidades amilográficas)	400 - 600	475 - 625
Amido danificado (%)	7,0 - 8,5	5,5 - 7,8

\* medidas no Farinógrafo Brabender

\*\* medidos no Extensógrafo Brabender

#### 6.4.2. Método de panificação

O nível de substituição da farinha de trigo por farinha sucedânea depende, além da qualidade e grau de extração da farinha, do método de panificação utilizado. Esses métodos variam consideravelmente dependendo da região, dos equipamentos e dos ingredientes utilizados. Há numerosas variações nos métodos de panificação empregados no Brasil, entretanto podemos agrupá-los em dois tipos básicos: o método da massa direta e o método da esponja ou da massa indireta.



#### 6.4.2.1. Métodos da massa direta

Neste método, todos os ingredientes são colocados juntos e misturados até se obter uma massa suave e bem desenvolvida. Após a mistura, a massa é deixada descansar por 15 a 20 minutos e então dividida em porções desejadas. Estas então são modeladas e deixadas fermentar antes de serem assadas.

Existe uma variação deste método chamado de processo de mistura rápida, que baseia-se no desenvolvimento mecânico do glúten, e o seu desempenho depende basicamente da velocidade das masseiras. Este processo tem a vantagem de reduzir o tempo da mistura, que é de 15 a 30 minutos em masseiras normais, para 3 a 4 minutos. Outra vantagem é que este método permite o uso de farinhas de menor força, indicado portanto para farinhas mistas.

Uma variação deste método de desenvolvimento mecânico da massa direta, é o método de "folheamento" ou "laminação". Este processo é bastante utilizado em padarias de pequeno porte. A laminação, ou cilindragem, consiste em desenvolver a massa passando-a de 20 a 40 vezes por um par de cilindros, depois desta sofrer um descanso de cerca de 30 minutos. Após esta laminação a massa é deixada novamente a descansar por 10 a 20 minutos e então dividida e modelada, seguindo para a fermentação final e assamento. Já foi verificado que este processo também traz bons resultados com farinhas mistas.

#### 6.4.2.2. Método da esponja

Este método consiste em duas etapas distintas: a de esponja e a de reforço.

Na esponja, mistura-se de 50 a 75% da farinha total, o fermento, todo o sal, o aditivo e água suficiente para obter-se uma massa meio

seca e parcialmente desenvolvida, isto é, que não chegou ainda no seu ponto ótimo de mistura. Fermenta-se a esponja até esta começar a murchar, após sua expansão máxima.

Na fase de reforço, esta esponja volta à masseira e é misturada com o restante dos ingredientes e com água suficiente para obter uma massa bem desenvolvida e de consistência suave. A massa obtida é deixada descansar por 15 a 20 minutos e então dividida em porções desejadas. Em seguida essas são modeladas e deixadas fermentar antes de serem assadas.

Este método não é largamente utilizado no Brasil por apresentar maior tempo de fermentação, maior consumo de energia e maior necessidade de mão de obra, do que o processo da massa direta. Entretanto, o pão feito pelo método de esponja tem aroma e sabor mais agradáveis e é o método mais tolerante à adição de farinhas sucedâneas, as quais devem ser adicionados na fase de reforço.

Portanto, a combinação de técnicas de panificação associadas a uma formulação adequada, permite produzir pães de qualidade aceitável comercialmente, mesmo utilizando farinhas com características panificáveis mais pobres, como é o caso das farinhas mistas.

#### 6.4.3. Tipos de pães

Entre os produtos de panificação, o pão é o menos tolerante à adição de farinha de rapa de mandioca à farinha de trigo, porque este exige mais do glúten do que qualquer outro produto.

Dentre os pães normalmente comercializados, o pão tipo francês é o mais exigente em termos de qualidade de farinha. Isto é, principalmente, devido ao fato do pão francês ter uma formulação simples e por ser este assado sem a utilização de forma. O pão sírio, por sua vez, embora não utilize forma, é um pão que não sofre



fermentação, e portanto sua exigência em termos de qualidade de farinha é bem pequena.

Portanto, o nível de substituição da farinha de trigo por farinha de rapa de mandioca é também afetado pelo tipo de pão produzido. O pão francês é um dos menos tolerantes e o pão sírio um dos mais tolerantes a esta substituição.

#### 6.4.4. Formulação

Cada padaria ou cada indústria de panificação possui uma formulação própria. Nas formulações pode-se variar tanto o tipo de ingrediente quanto sua proporção, dependendo não somente do produto que se quer obter, mas também da disponibilidade deste no mercado e seu preço.

Os ingredientes básicos em uma formulação de pão são: farinha de trigo, sal e fermento. Outros componentes também podem ser adicionados tanto para mudar suas características tecnológicas, tais como, melhorar o volume, ou a maciez, ou a incorporação de ar e a durabilidade, como para conferir ao pão alguma outra característica desejada. A Tabela 16 mostra as faixas de utilização dos ingredientes para as formulações básicas de pão de forma, pão francês e pão doce.

TABELA 16. Formulações básicas para diferentes tipos de pães.

Ingredientes	Pão de forma	Pão francês	Pão doce
Farinha (g)	1000	1000	1000
Fermento (g)	10-30	10-50	30-120
Sal (g)	20-25	10-30	10-30
Açúcar (g)	30-80	0-60	100-250
Gordura (g)	20-60	0-10	0-250
Leite em pó desnatado	20-60	-	0-500
Emulsificante (g)	2-5	-	-
Ovos (unidade)	-	-	0-5
Água	variável	variável	variável

Cada componente presente em uma formulação tem uma função específica e o conjunto de todos os componentes é que dá ao produto final as suas características próprias. A adição de derivados de milho poderá fazer com que sejam necessários modificações na quantidade ou adição de outros ingredientes, para que o produto final mantenha as características desejadas.

Os diversos componentes de uma formulação são:

##### 6.4.4.1. Farinha de trigo

A farinha de trigo é o componente básico em uma formulação de pão, cumprindo a função de fornecer as proteínas formadoras de glúten. Essas proteínas, ao se combinarem com a água, são



hidratadas, gerando pontos de ligação entre elas e, mediante a batidura, formam a estrutura elástica da rede de glúten.

Diz-se que uma farinha é forte quando esta possui uma quantidade alta de proteína formadora de glúten e que é fraca quando tiver um baixo conteúdo desta proteína. Uma farinha, entretanto, pode ter um alto conteúdo de proteína, mas se esta proteína não for formadora de glúten, a farinha é considerada fraca.

Quando se substitui uma certa percentagem da farinha de trigo por farinha de raspa de mandioca, notam-se mudanças no comportamento tecnológico da massa, dependendo do nível de substituição. Essas mudanças são provocadas principalmente pela diminuição da quantidade de proteína formadora de glúten, causada pela substituição.

#### 6.4.4.2. Água

A água exerce diversas funções na panificação. Ela é necessária para a formação do glúten, para que a massa adquira sua consistência ideal, e para dissolver o fermento, o sal e o açúcar. A água também é necessária para hidratar os amidos e para conferir frescor, suavidade e durabilidade ao pão.

A quantidade de água a ser adicionada varia principalmente com a capacidade de absorção de água da farinha ou das farinhas utilizadas. Para a farinha de trigo, a absorção de água geralmente varia entre 55 e 65%. Quando se substitui parte da farinha de trigo por farinha de raspa de mandioca ou outros derivados, deve-se prestar atenção no aumento ou diminuição da absorção de água, a fim de se obter uma massa de boa consistência.

#### 6.4.4.3. Açúcar

O açúcar presente na massa é proveniente de uma ou mais das seguintes fontes: açúcar já presente na farinha, açúcar adicionado na formulação e açúcar resultante da degradação do amido pelas enzimas amilases.

A principal atuação do açúcar é no processo de fermentação, onde o fermento transforma estes em gás carbônico e álcool, conferindo ao pão seu volume. Uma outra função do açúcar é de proporcionar a cor dourada característica da crosta dos pães bem como de contribuir para o aroma e sabor do produto final.

As características como textura, aspecto do miolo e o volume do pão feito com farinha mista de trigo e raspa de mandioca podem ser favorecidas pelo aumento nas porcentagens de açúcar. Este ajuste, entretanto, deve ser feito de acordo com o índice de adição de farinha de raspa de mandioca e dentro dos limites apresentados na Tabela 14, para cada tipo de pão.

#### 6.4.4.4. Gordura

Tanto a gordura vegetal como a animal podem ser empregadas na panificação. A gordura utilizada pode se apresentar no estado líquido, semi-sólido, ou sólido à temperatura ambiente. Hoje em dia, as gorduras vegetais hidrogenadas (sólidas à temperatura ambiente) são as mais usadas, pois são de mais fácil manuseio, conservação e conferem as melhores características tecnológicas em panificação.

A gordura, na panificação, tem várias funções, e as mais importantes são:

- melhorar as propriedades de expansão da massa;
- ajudar a massa a reter melhor os gases;
- aumentar o volume do pão;



- contribuir para um miolo de textura mais suave;
- produzir uma crosta mais fina e macia;
- aumentar o tempo de conservação dos pães;
- aumentar o valor calórico do pão.

Portanto, o emprego de gordura em formulações que substituem parte da farinha de trigo por farinha sorgo, pode melhorar a qualidade do produto final, como mostra a Fig. 16.

#### 6.4.4.5. Fermento biológico

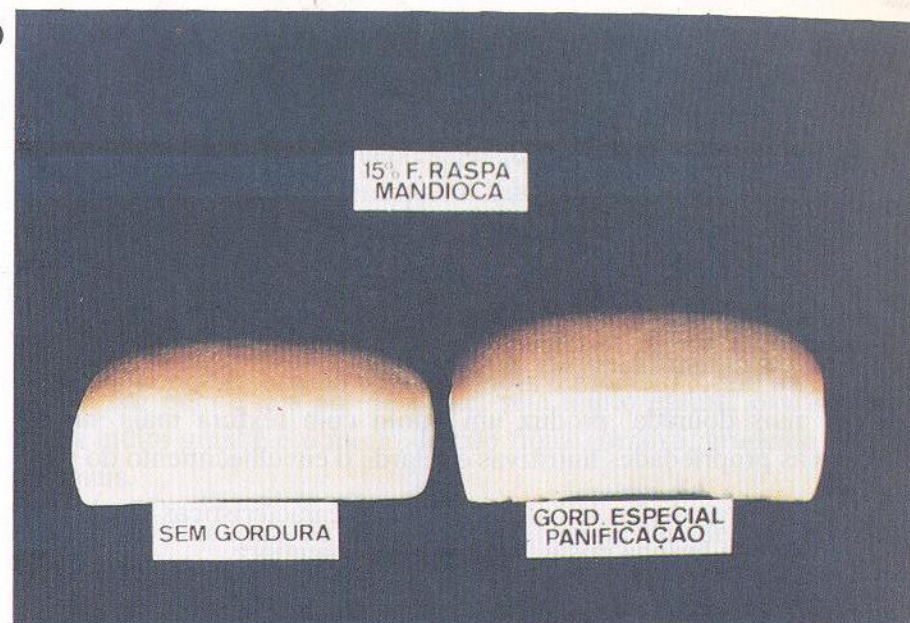
O fermento biológico é constituído pelo microorganismo *Saccharomyces cerevisiae*, o qual transforma os açúcares presentes na massa em álcool e gás carbônico. O gás carbônico confere à massa e ao pão a estrutura porosa responsável pela leveza e volume. O álcool produzido contribui para a expansão da massa, durante seu assamento e é responsável por grande parte do aroma do pão.

Se aumentarmos a quantidade de fermento, a fermentação será acelerada, desde que haja açúcar suficiente. Nos processos de panificação onde se usa o desenvolvimento mecânico da massa, deve-se colocar cerca de 50% a mais de fermento do que no processo convencional da massa direta, pois o tempo de fermentação total é menor.

#### 6.4.4.6. Sal

O sal tem grande influência em três aspectos da panificação. Primeiro, ele melhora o sabor dos pães, pois sem o sal o pão seria insípido e não atrativo. Segundo, ele contribui para o fortalecimento do glúten, dando mais força à farinha. Terceiro, o sal controla a ação do fermento. A ausência de sal na massa permite que o fermento atue rapidamente, esgotando os açúcares presente e produzindo um pão de

(a)



(b)

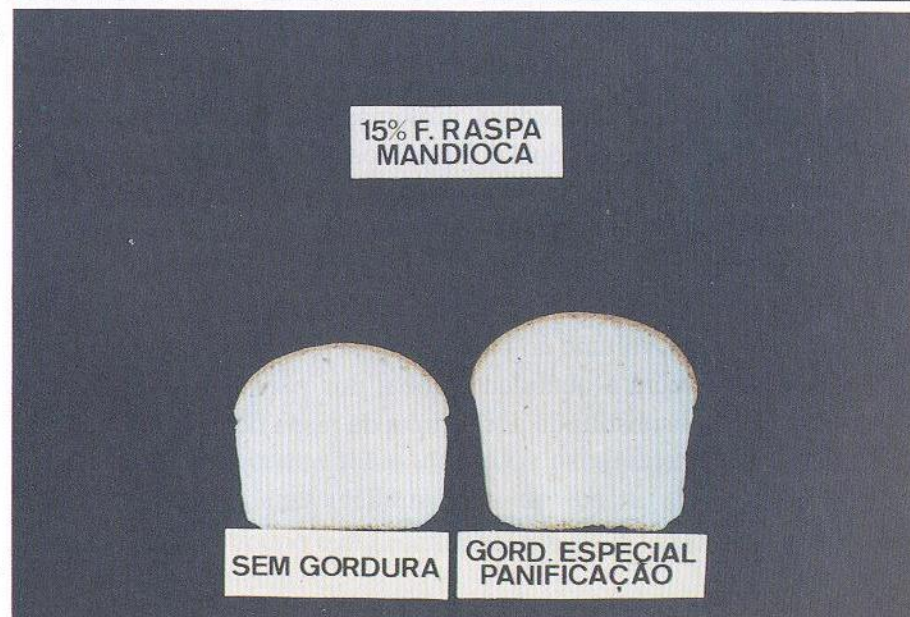


FIG. 16. Efeito da gordura nas características externas (a) e internas (b) dos pães produzidos com 15% de FRM.



crosta muito clara. Por outro lado, um excesso de sal irá retardar muito a ação do fermento, produzindo um pão com a crosta muito escura.

#### 6.4.4.7. Leite

O uso de leite em panificação traz alguns benefícios tecnológicos à massa, fortalecendo-a e aumentando sua absorção de água. Além disso, melhora o aroma e sabor do pão, proporciona uma crosta mais dourada, produz um miolo com textura mais suave, melhora as propriedades nutritivas e retarda o envelhecimento do pão.

Portanto, a adição de leite favorece as características finais dos pães feitos com farinha mista trigo/raspa de mandioca.

#### 6.4.4.8. Ovos

Os ovos são fonte de gordura, proteínas, vitaminas e substâncias minerais. Quando adicionados à massa, os ovos não só aumentam consideravelmente o valor nutritivo do pão, como também conferem algumas propriedades funcionais. A principal delas é a capacidade emulsificante do ovo, fazendo com que haja melhor distribuição de água e de gordura por toda a massa, e conferindo uma textura mais suave e um melhor volume ao pão. Portanto a adição de ovos à uma formulação favorecerá a qualidade global dos pães em que parte da farinha de trigo foi substituída por farinha de raspa de mandioca.

#### 6.4.4.9. Enzimas amilases

As enzimas amilases, como já foi descrito anteriormente, atuam no amido produzindo açúcares. As farinhas de trigo, muitas vezes, já possuem estas enzimas em quantidade suficiente. Entretanto, se uma farinha for deficiente em alfa-amilase esta deve ser adicionada através de uma fonte externa, como por exemplo, extrato de malte.

A deficiência nesta enzima faz com que o pão produzido seja de baixo volume e a cor da crosta muito pálida. Um excesso, por outro lado, faz com que a cor da crosta seja muito escura, o volume não seja muito grande e o miolo do pão fique gomoso, grudento e úmido demais.

Em produção de pães de farinhas mistas de trigo/raspa de mandioca é recomendável que esta enzima esteja presente em proporção um pouco acima da ideal, pois um pequeno aumento da produção de açúcar, neste tipo de massa, melhora a qualidade final do pão.

#### 6.4.4.10. Emulsificantes ou condicionadores de massa

Emulsificantes são produtos que proporcionam uma melhor interação entre a gordura e a água presentes na massa. Embora adicionados em pequena quantidade, estes produtos propiciam um aumento no volume do pão, uma crosta e miolo mais macios, e um aumento no tempo que o pão permanece macio.

Os emulsificantes mais utilizados nas indústrias de panificação ou incorporados nos melhoradores de massa comercializados nas padarias são os mono e diglicerídeos, estearoil-lactil-lactato de cálcio ou de sódio e a lecitina.

O uso desses produtos, na maioria das vezes, ajuda a compensar os pequenos efeitos prejudiciais causados pela substituição de parte da farinha de trigo por farinhas sucedâneas.



#### 6.4.4.11. Agentes oxidantes

Agentes oxidantes são produtos que agem diretamente no glúten, fortalecendo-o. Conseqüentemente a massa terá uma maior capacidade de retenção dos gases, dando um pão de melhor volume e miolo de melhor textura. Os mais utilizados em panificação são: iodato de potássio, bromato de potássio, ácido ascórbico e azodicarbonamida.

Iodato e bromato de potássio são dois agentes oxidante muito usados no exterior. No Brasil eles são proibidos e o mais utilizado é o ácido ascórbico, comumente denominado de vitamina C. Embora este produto seja adicionado na proporção de somente 0,07 a 0,12 gramas por quilo de farinha, ele tem uma grande influência na qualidade do produto final.

Devido a suas propriedades, os agentes oxidantes são muito recomendados para fortalecer as massas enfraquecidas pela substituição de parte da farinha de trigo por farinha de raspa de mandioca.

Na Fig. 17 pode-se ver o efeito da utilização de um aditivo comercial, contendo agentes emulsificantes e oxidantes, sobre as características de pães com 15% de substituição da farinha de trigo por farinha de raspa de mandioca.

#### 6.4.5. Qualidade dos derivados de mandioca

As farinhas devem ter características de composição, cor, capacidade de absorção de água, granulometria e conteúdo de alfa-amilase que as tornem apropriadas para a utilização em panificação. Sua qualidade é importante pois, quanto melhor ela for, menor o efeito provocado sobre a farinha de trigo, podendo ser empregada em níveis mais elevados de substituição.

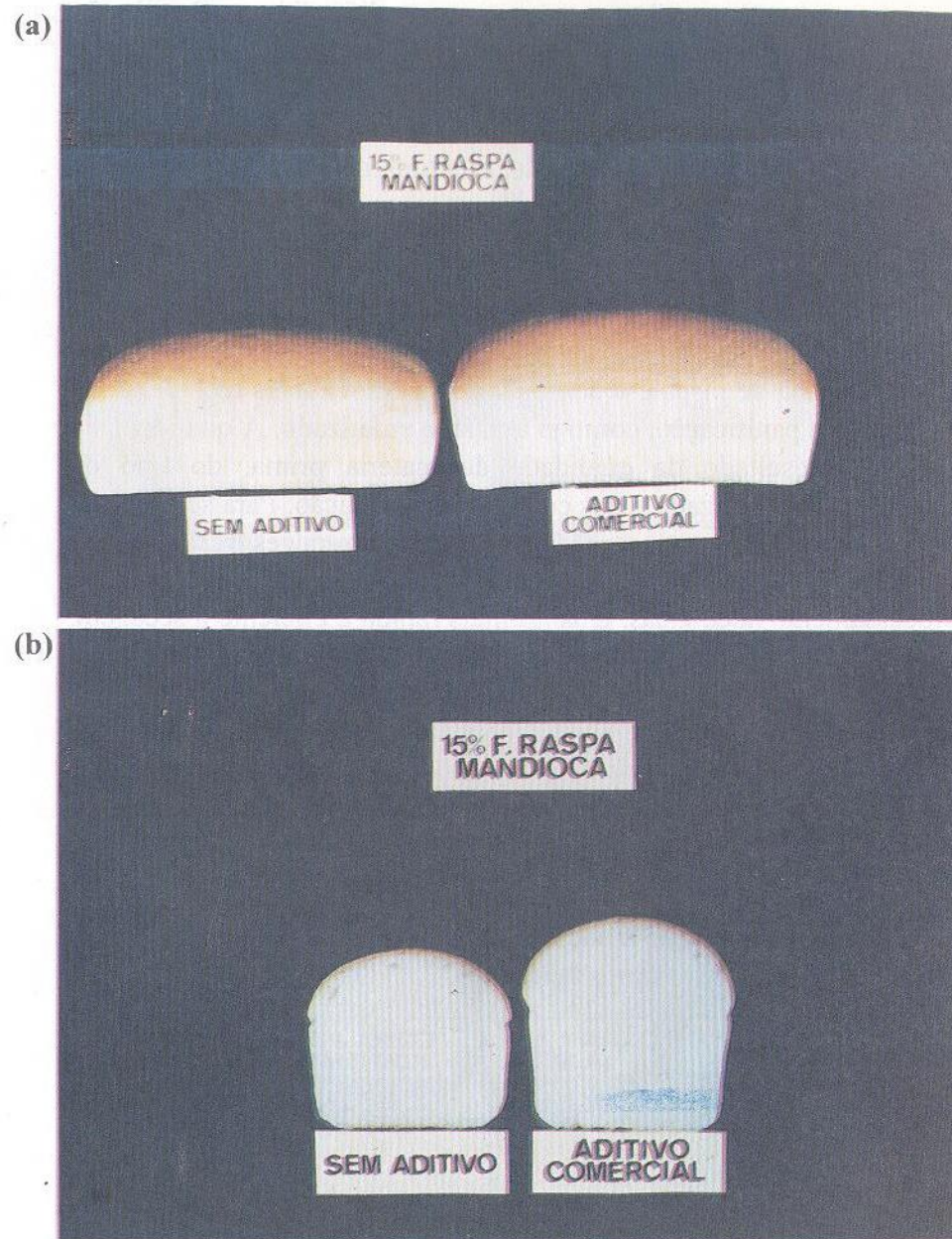


FIG. 17. Efeito de aditivo comercial de panificação nas características externas (a) e internas (b) dos pães produzidos com 15% de FRM.



A farinha de mandioca ou de mesa, tão difundida no Brasil, não deve ser utilizada em substituição à farinha de trigo. Tanto a farinha de mandioca crua como a torrada apresentam alta absorção de água, o que torna a massa pegajosa e difícil de manusear. Além disso, sua granulometria é grosseira, tornando a textura mais áspera, e o sabor e odor do pão tornam-se pouco agradáveis.

O amido de mandioca ou polvilho doce, embora não seja economicamente viável, pode ser usado para a produção de pão com bons resultados tecnológicos.

A farinha de raspa é o derivado de mandioca mais recomendado para uso em panificação, como já tem sido enfatizado. A qualidade da farinha é resultado da qualidade da matéria prima, do tipo de processamento utilizado e dos cuidados de produção. Para se produzir uma boa farinha de raspa é preciso trabalhar com raízes frescas e bem conservadas, num bom grau de maturação e em condições de processamento adequadas. Quanto mais rápida e eficiente a secagem, menor o tempo que as raspas permanecerão úmidas e sujeitas à deterioração microbiana e/ou enzimática. Assim, se o tempo de secagem se prolonga demais, por temperatura insuficiente ou umidade excessiva nas raízes, isso resultará no escurecimento das raspas e num aumento da acidez, prejudicando a qualidade da farinha produzida.

Pode-se ver na Fig. 18 a aparência dos pães produzidos com 15% de FRM, farinha de mandioca crua e torrada e polvilho doce, em confirmação aos comentários anteriores.

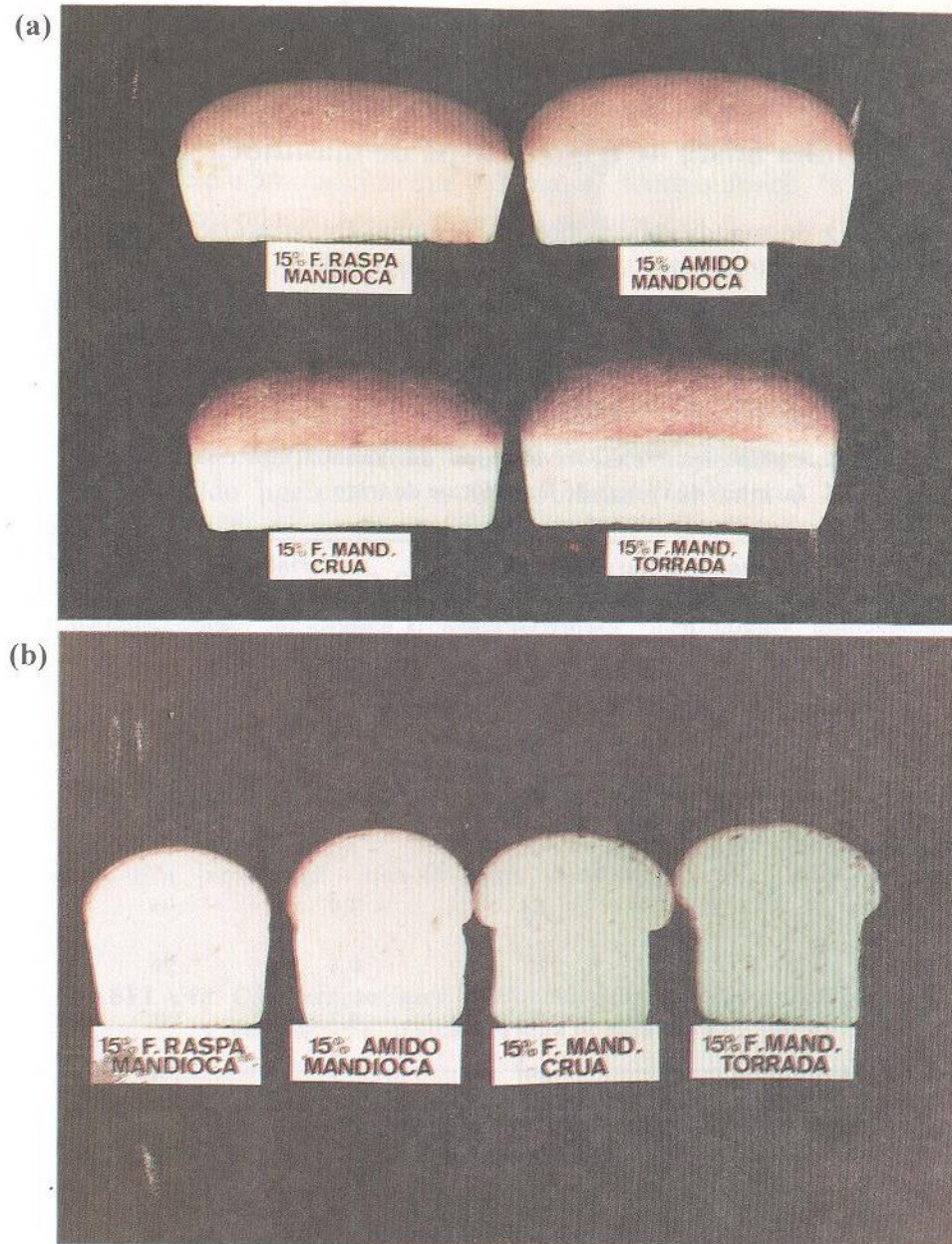


FIG. 18. Características externas (a) e internas (b) dos pães produzidos com 15 % de FRM, polvilho doce, farinha de mandioca crua e farinha de mandioca torrada.



## 7. VALOR NUTRICIONAL DOS PÃES PRODUZIDOS COM FARINHAS MISTAS

### 7.1. Farinha mista de trigo e raspa de mandioca

A raiz de mandioca é pobre em proteína (máximo de 1,5%) e, além disso, esta proteína, é de qualidade inferior à da maioria das fontes amiláceas.

Na Tabela 17 vê-se a composição e o escore químico dos aminoácidos essenciais da farinha de mandioca em comparação com

TABELA 17. Composição\* e escore químico\* dos aminoácidos essenciais das farinhas de raspas de mandioca e de trigo

Aminoácidos	Farinha de Raspa de Mandioca		Farinha de Trigo	
	Composição	Escore Químico	Composição	Escore Químico
Lisina	5,37	98	1,9	42 <sup>a</sup>
Treonina	3,56	89	2,6	70 <sup>b</sup>
Cistina	0,00	} 18 <sup>a</sup>	2,2	} 123
Metionina	0,63		1,5	
Isoleucina	3,22	81	3,9	95
Leucina	5,25	75 <sup>c</sup>	6,8	96
Valina	4,33	87	4,3	90 <sup>c</sup>
Fenilalanina	3,26	69 <sup>b</sup>	5,2	126

\* gramas de aminoácidos por 16 gramas de nitrogênio calculado com relação a proteína de referência da FAO

a. 1º aminoácido limitante

b. 2º aminoácido limitante

c. 3º aminoácido limitante

Fonte: Ciacco & D'Apolonia (1978a)

a de trigo. Embora a adição de FRM á FT faça baixar o conteúdo protéico(trigo tem aproximadamente 12-15% de proteína), observa-se que a mistura das duas farinhas gera um melhor equilíbrio em termos de aminoácidos: a farinha de trigo é deficiente em lisina, enquanto na FRM este é o aminoácido que tem maior escore químico. O contrário acontece em relação aos aminoácidos sulfurados.

O CTAA-EMBRAPA realizou estudos sobre a qualidade nutricional das farinhas mistas, determinando o teor protéico, a digestibilidade e o coeficiente de eficiência protéica(PER) da farinha de trigo e das farinhas mistas. Pode-se ver na Tabela 18 uma comparação entre o valor nutricional da FT e da farinha mista com 20% FRM. Com a adição de FRM o teor de proteína diminuiu, prejudicando ligeiramente a digestibilidade, embora o PER tenha aumentado.

Para corrigir esta deficiência em proteína da FRM, pensou-se em complementar a farinha mista com uma farinha protéica de fácil obtenção, sendo escolhida a farinha de soja.

### 7.2. Farinha mista de trigo, raspa de mandioca e soja

Em panificação usa-se mais comumente a farinha de soja

TABELA 18. Comparação entre o valor nutricional do pão padrão e do pão com 20% de farinha de raspa de mandioca

Produtos	Pão padrão	Pão com 20% de FRM
Proteína	11,5	9,9
Digestibilidade	85	83
PER	0,89	0,95



desengordurada (FSD). Seu alto teor de proteínas (~50%) aumenta o teor protéico da mistura de farinha de trigo e FRM.

A proteína da soja contém boas proporções de aminoácidos essenciais (com exceção dos sulfurados) e supre a deficiência em lisina da farinha de trigo, balanceando melhor a mistura. Isto pode ser visto na Tabela 19, que apresenta a composição e o escore químico dos aminoácidos essenciais da farinha de soja desengordurada.

TABELA 19. Composição\* e escore químico\* dos aminoácidos essenciais da farinha de soja desengordurada (FSD)

Aminoácidos	Composição	Escore Químico
Lisina	6,2	1,13
Treonina	4,2	1,01
Metionina + Cistina	2,5	0,71
Isoleucina	4,6	1,15
Leucina	7,7	1,10
Valina	4,9	0,98
Fenilalanina + Tirosina	9,0	1,5
Triptofano	1,4	1,4

\* gramas de aminoácidos por 16 gramas de nitrogênio calculado com relação a proteína de referência da FAO

Na Tabela 20 vêem-se alguns valores de composição (em termos de proteína, alguns aminoácidos e minerais) para misturas contendo FT, FRM e FSD, em diversas proporções.

TABELA 20. Efeito da adição de mistura de farinha de mandioca e farinha desengordurada de soja sobre a composição de pães

	Proporção de mistura (FT:FRM:FSD)			
	100:0:0	90:7:3	85:10:5	80:13:7
Proteína (%)	10,50	11,06	11,59	12,11
Lisina (mg/100g)	242	319	370	404
Metionina + Cistina (mg/100g)	478	480	488	-
Tiamina (mg/100g)	0,06	0,08	0,10	0,12
Riboflavina	0,05	0,08	0,07	0,07
Niacina (mg/100g)	0,90	1,0	1,1	1,1
Ferro (mg/100g)	0,80	1,4	1,7	1,0
Cálcio (mg/100g)	16,00	32,7	41,6	50,5

Foram feitos pães no CTAA/EMBRAPA contendo 80% de farinha de trigo e 20% de uma mistura de FRM e FSD, (nas proporções de 1:3, 1:1 e 3:1). As características externas e internas desses pães podem ser observadas na Figura 19 e o valor nutricional de cada uma das misturas pode ser visto na Tabela 21, em comparação com a FT e a mistura com 20% de FRM. A qualidade tecnológica diminuiu (baixo volume, miolo mais compacto e mais escuro) à medida que se aumentava a quantidade de FSD na formulação mas, do ponto de vista nutricional, observa-se que o teor protéico das misturas contendo FRM aumentou proporcionalmente com a quantidade de FSD adicionada. Similarmente, o PER também aumenta com o aumento de FSD na mistura, enquanto que a digestibilidade permanece ao redor de 80%, o que é considerado satisfatório.



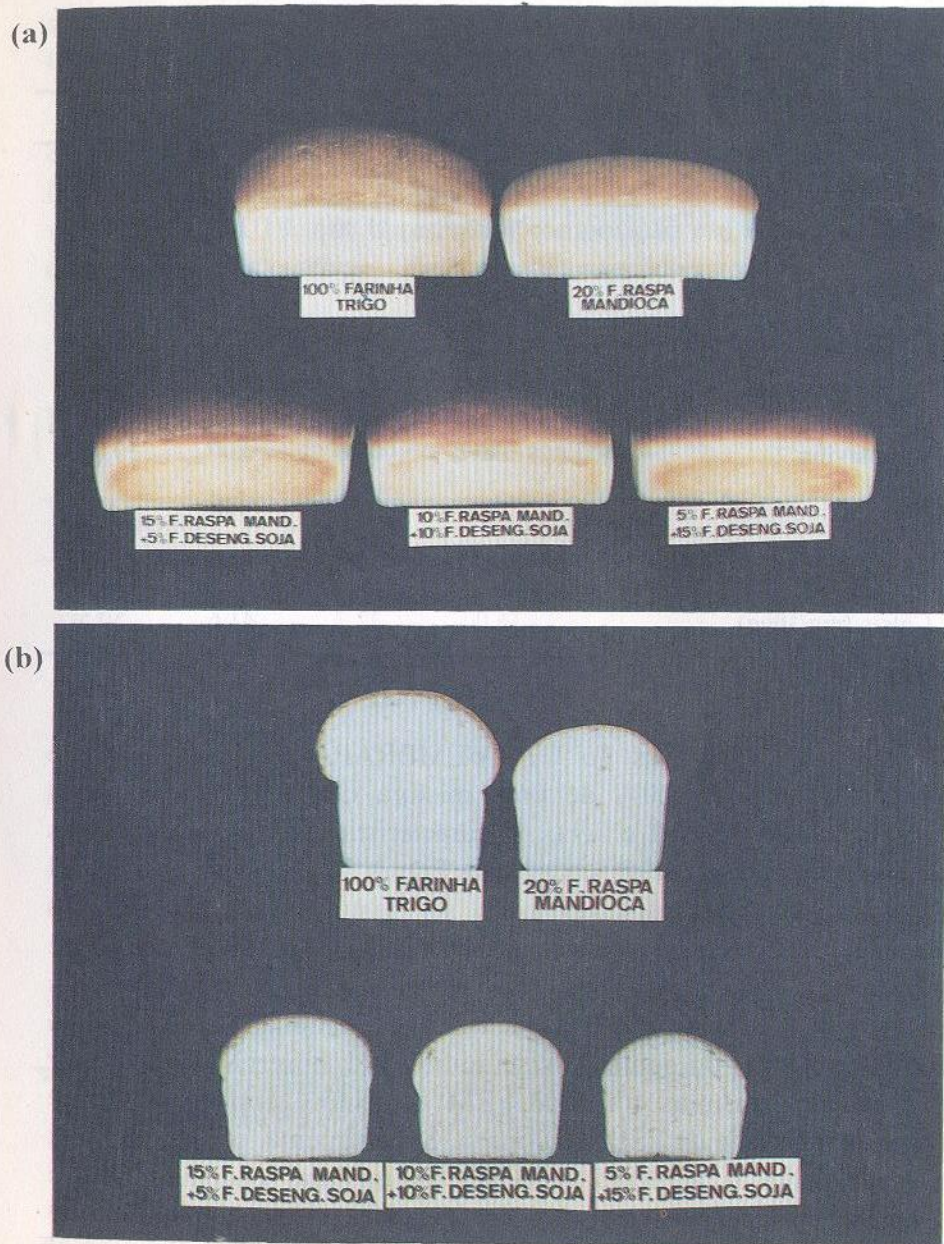


FIG. 19. Características externas (a) e internas (b) dos pães produzidos com farinha mista trigo/ mandioca/ soja.

TABELA 21. Comparação entre o valor nutricional do pão padrão e do pão com 20% de farinha de raspa de mandioca

	Proteína (%)	Digestibilidade	PER
100% FT	12,2	85	0,90
100% FT + 20% FRM	11,4	83	0,95
100% FT + 15% FRM + 5% FSD	12,4	79	1,47
100% FT + 20% FRM + 10% FSD	16,3	80	1,54
100% FT + 20% FRM + 15% FSD	19,2	79	1,59

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYRES, J.C. Manioc: the potential exists for increased use of this tropical plant and its products. **Food Technology**, v.26, n. 4, p. 128-138, 1972.
- AGUIRRE, J.M.; TRAVAGLINI, D.A.; TRAVAGLINI, M.M.E.; FERREIRA, V.L.P.; SHIROSE, I.; FIGUEIREDO, I.O. Aproveitamento do resíduo de extrato protéico de soja em mistura com farinha de mandioca. **Boletim do ITAL**, v. 56, p. 129-156, mar./abr., 1978.



- CAMARA, G.M.S.; GODOY, O.P.; MARCOS FILHO, J.; LIMA, U.A. **Mandioca**: produção, pré-processamento e transformação agroindustrial. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, [198 ].80 p. (Série Extensão Agroindustrial, 4)
- CEREDA, M.P. Tecnologia e qualidade do polvilho azedo. **Informe Agropecuário**, v. 13, n. 145, p. 60-63, 1987.
- CIACCO, C.F.; D'APOLONIA, B.L. Functional properties of composite flours containing tuber flour or starch. **Baker's Digest**, v. 46, p. 46-50, 141, Oct., 1977a.
- CIACCO, C. F.; D' APOLONIA, B.L. Characterization of starches from various tubers and their use in breadmaking. **Cereal Chemistry**, v. 54, n. 5, p. 1096-1107, 1977b.
- CIACCO, C.F.; D'APOLONIA, B.L. Baking studies with cassava and yam flour. I. Biochemical composition of cassava and yam flour. **Cereal Chemistry**, v. 55, n. 3, p. 402-411, 1978a.
- CIACCO, C.F.; D' APOLONIA, B.L. Baking studies with cassava and yam flour. II. Rheological and baking studies of tuber-wheat flour blends. **Cereal Chemistry**, v. 55, n. 4, p. 423-435, 1978b.
- COLLINS, J.L.; TEMALILWA, C.R. Cassava flour fortification with soy flour. **Journal of Food Science**, v. 46, n. 4, p. 1025-1028, 1981.
- EL-DASH, A.A. Standardized mixing and fermentation procedure for experimental baking test. **Cereal Chemistry**, v. 55, n. 4, p. 436-446, 1978.
- EL-DASH, A.A. Utilização da mandioca na alimentação humana e em outros produtos industrializados. **Informe Agropecuário**, v. 13, n. 145, p. 74-82, jan. 1987.

- EL-DASH, A.A. Análises das perspectivas de um programa para a substituição parcial de farinha de trigo por sucedâneos de produção nacional. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CTAA, 1983. 25p.
- EL-DASH, A.A.;CAMARGO, C.R.O. Use of the fermented manioc starch in conjunction with deffated soya flour in the production of bread from soft wheat flour. s.n.t. 22 p.
- GRACE, M.R. **Cassava Processing**. Rome: FAO, 1977. 155 p.
- GUERNELLI, O. Estudo sobre as possibilidades de enriquecimento da farinha de mandioca. **Arquivos Brasileiros de Nutrição**, v. 9, n. 3, p. 205-240, 1953.
- HUDSON, B.J.F.; OGUNSUA, A.O. The effects of fibre, starch damage and surfactants on the baking quality of wheat-cassava composite flour. **Journal of Food Technology**, v. 11, n. 2, p. 129-136, 1976.
- KATO, M.S.;SOUZA, S.M.C. Conservação de raízes após a colheita. **Informe Agropecuário**, v. 13, n. 145, p. 9-16, 1987.
- KIM, J.C.A.; RUITER, D. de. Bread from non-wheat flours. **Food Technology**, v. 22, n. 7, p. 55-66, 1968.
- MORS, W.B.; NOBRE, A.; ORLANDO, J.C.; PAPE, G.; LEME, M.J.P. Enriquecimento nutricional da farinha de mandioca com proteína de soja. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Agrícola e Alimentar, DNPEA, 1973. 10 p. (DNPEA. CTAA. Boletim Técnico, 6)
- NOBRE, A.; ORLANDO, J.C. Farinha de mandioca enriquecida com farinha de soja especial. **Boletim Técnico** do CTAA, n. 5, p. 1-8, 1973.



OLATUNJI, O.; AKINRELLE, I.A. Comparative rheological properties and bread qualities of wheat flour diluted with tropical tuber and breadfruit flours. **Cereal Chemistry**, v. 55, n. 1, p. 1-6, 1978.

PIZZINATO, A.; VITTI, P. Pães mistos de trigo, soja e mandioca. **Coletânea do ITAL**, v. 6, p. 189-202, 1975.

PIZZINATO, A.; VITTI, P. Produção de pão tipo francês á base de farinha composta de trigo, soja e mandioca. **Boletim da SBCTA**, n. 48, p. 1-19, 1979.

REIS, A.J. dos. Aspectos econômicos da mandioca. **Informe Agropecuário**, v. 13, n. 145, p. 3-8, 1987.

SHEKARA, S.C.; SHURPALEKAR, S.R. Optimum formulations and processing condition for wheat-tuber breads. **Lebensmittel-Wissenschaft-und Technologie**, v. 16, n. 3, p. 332-337, 1983.

VILELA, E.R. Tecnologia de produção de raspas de mandioca. **Informe Agropecuário**, v. 13, n. 145, p. 53-58, 1987.

VILELA, E.R.; FERREIRA, M.E. Tecnologia de produção e utilização do amido de mandioca. **Informe Agropecuário**, v. 13, n. 145, p.69-74, 1987.

VILELA, E.R.; JUSTE Jr., E.S.G. Tecnologia de farinha de mandioca. **Informe Agropecuário**, v. 13, n. 145, p. 60-63, 1987.

VITTI, P.; PIZZINATO, A. Emprego da farinha de raspa de mandioca pré-gelatinizada em pão e biscoito. **Coletânea do ITAL**, v.6, p. 409-429, 1975.

VITTI, P.; PIZZINATO, A.; LEITÃO, R.F.F. Composição de raspas de mandioca obtidas por dois processos. Uso de suas farinhas em panificação. **Boletim do ITAL**, v. 49, p. 89-98, 1978.