

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

OBTENÇÃO INDUSTRIAL DE ÓLEO DO  
FARELO DE ARROZ

*José Mauricio Zavala Pope*  
Engenheiro em Indústrias Alimentícias

Orientador:

*Dr. Ricardo Sadi*  
Professor da Faculdade de Tecnologia de Alimentos da UNICAMP

Tese apresentada à Faculdade de Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do título de Mestre em Ciências e Tecnologia de Alimentos.

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL

Dedicatória

À MINHA ESPÓSA

# Í N D I C E

página

RESUMO	
SUMMARY	
RESUMEM	
INTRODUÇÃO . . . . .	1
I. GENERALIDADES. . . . .	2
1. O Arroz. . . . .	2
2. O Beneficiamento do arroz. . . . .	2
3. O Farelo . . . . .	6
4. As Enzimas . . . . .	6
a. Processos de inativação das enzimas . . . . .	10
5. O Oleo . . . . .	12
II. EXTRAÇÃO . . . . .	16
1. Extração por prensagem . . . . .	16
2. Extração por solventes . . . . .	16
2.1. Extração descontínua. . . . .	23
2.2. Extração contínua . . . . .	23
III. REFINAÇÃO. . . . .	29
1. A Degomagem. . . . .	29
2. A Neutralização. . . . .	30
3. A Descoloração . . . . .	32
4. A Desceragem . . . . .	33
5. A Desodorização. . . . .	35
IV. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES . . . . .	36
PARTE I : Dos processos de inativação enzimática. . . . .	36
PARTE II: Dos processos de extração . . . . .	36
PARTE III: Dos processos de refinação . . . . .	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	42

## R E S U M O

Devido ao contínuo acréscimo do consumo de óleo comestível pelas populações em crescimento, existe uma necessidade de se encontrar novas fontes de óleo comestível e convenientes processos de extração e refinação.

O grande volume da produção do farelo de arroz e a solução dos principais problemas tecnológicos envolvidos na obtenção do óleo, possibilitam a utilização mais eficiente dessa matéria-prima.

O propósito da presente investigação bibliográfica foi a de reunir informação a respeito da tecnologia do farelo de arroz e a descrição dos processos para recuperação econômica do óleo comestível a partir dessa fonte.

Conclui-se que previamente à extração por solventes, o farelo deverá ser tratado mediante o processo de "expansão" para inativar as enzimas, eliminar o problema dos "finos", incrementar a sua superfície específica e resistência à compressão.

Devido a baixa porcentagem de óleo no farelo de arroz, o método de prensagem vem a ser anti-econômico, o mais indicado é realizar uma extração por hexano. Ótimos resultados são obtidos no processo de extração quando o teor de umidade do farelo é de 9% e a temperatura na faixa de 50-55°C, sendo que a relação ótima farelo solvente é uma variável dependendo do método de extração empregado. A seleção do tipo do processo de extração, tem que ser feita na base de um estudo econômico no momento de planejar a instalação do processo de extração, para o qual será necessário considerar as seguintes variáveis: a) volume de produção; b) investimento inicial; c) complexidade do equipamento; d) grau de qualificação do pessoal; e) versatilidade do extrator para trabalhar com outras matérias-primas oleaginosas; e, f) localização da planta. Quanto ao processo de refinação, o qual basicamente não difere dos processos tradicionais empregados para outras matérias oleaginosas, deverá considerar a recuperação das ceras devido a seu alto valor comercial.

## S U M M A R Y

Due to the continuous increase of edible oil consumption as a function of the population growth there exists a need for new sources of edible oils and improved extraction and refining processes.

The big volume of rice bran production and the solution of the principal technological problems involved in its processing, have made possible a more efficient utilization of this raw material than was the case in the past.

The purpose of the present bibliographic survey has been to collect information about the processing of the rice bran and describe procedures of an economic recovery of edible oil from this source.

It is concluded that before solvent extraction, the rice bran must be processed by "expansion" in order to achieve enzymatic inactivation, to avoid problem of fines particles, and to increase both specific surface and compression resistance. Oil press-extraction was economically not feasible because of low oil-rice bran contents. Thus have been suggested to use hexane oil extraction. The optimum moisture rice bran content to achieve best yield in extraction process, is 9% with a temperature range between 50-55°C, but ratio rice bran - solvent is a variable dependent on extraction method employed. The choice of type of extraction process must be supported on economic study, it must take account: a) volume of production, b) initial investment, c) complexity of equipment, d) qualification of mear-power, e) versatility of extractor to work with others raw materials, f) location of plant. Finally, the refining process should be carefully considered, because high commercial value of wax obtained as a by-product.

## R E S U M E N

Debido al continuo crecimiento del consumo de aceite comestible por las poblaciones en crecimiento, existe la necesidad de encontrar nuevas fuentes de aceite comestible y convenientes procesos de extracción y refinación.

El gran volumen de producción de polvillo de arroz y la solución de los principales problemas tecnológicos involucrados en su procesamiento para la obtención de aceite posibilitan actualmente, la utilización más eficiente de esta materia prima.

El propósito de esta investigación bibliográfica fué reunir la información sobre la tecnología del polvillo de arroz y la descripción de los procesos para la recuperación económica de aceite comestible a partir de esa fuente.

Condúyese, que previamente a la extracción por solventes, el polvillo de arroz deberá ser tratado mediante el proceso de "expansión" para inactivar las enzimas, eliminar el problema de los "finos", incrementar su superficie específica y resistencia a la compresión. Debido al bajo porcentaje de aceite en el polvillo de arroz, el método de prensaje es anti-económico, siendo lo más indicado, realizar una extracción con hexano. Optimos resultados se obtieren en el proceso de extracción cuando el tenor de humedad del polvillo es de 9% y la temperatura fluctúa entre 50 a 55°C, siendo que, la relación farelo-solvente optima es una variable que depende del método de extracción empleado. La selección del tipo de proceso de extracción debe de ser efectuada sobre la base de un estudio económico en el momento de planear la instalación del proceso de extracción, para lo cual deben considerarse las siguientes variables: a) volumen de producción; b) inversión inicial; c) complejidad del equipo, d) grado de calificación del personal; e) versatilidad del extractor para trabajar con otras materias primas oleaginosas, y f) localización de la planta. En cuanto al proceso de refinación, el cual básicamente no difiere de los procesos tradicionales empleados para otras materias oleaginosas, deberá considerar la recuperación de las ceras debido a su alto valor comercial.

## I N T R O D U Ç Ã O

Desde o alvorecer da humanidade, o arroz desempenha um papel importante no desenvolvimento dos povos principalmente os asiáticos.

A partir do primeiro quarto do presente século, a utilização do farelo de arroz como matéria prima para obtenção do óleo passou a ter cada vez mais importância. Os japoneses foram os primeiros a extrair óleo a partir do farelo de arroz empregando a extração por prensagem com algumas desvantagens. (48)

Nos Estados Unidos da América do Norte, depois da II Guerra Mundial, aperfeiçoou-se a técnica de extração do farelo de arroz por solvente (51), e principalmente na década de 50, conseguiram grandes progressos tecnológicos neste campo.

Atualmente, a maioria dos problemas que a sua exploração industrial implica, tem sido resolvida e o seu volume de produção é cada vez mais significativo. Sem embargo, ainda deixa-se de produzir grande parte dos 4 milhões de toneladas de óleo que poderiam ser extraídas do farelo de arroz. A contradição é explicada por Herzolg(23 b), nos termos seguintes: "Existe uma lacuna entre o potencial e a atual produção de óleo de farelo de arroz nas áreas produtoras de cereal e, as causas têm sido identificadas como um ou mais dos seguintes fatores:

a) dificuldades no fornecimento do farelo, devido aos beneficiamentos cíclicos de arroz, dispersão de pequenas indústrias de beneficiamento e dificuldades de transporte.

b) baixa qualidade do farelo, óleo com elevados teores de ácidos graxos fermentáveis, casca e quebrados.

c) falta de recomendação técnica e experiência na extração por solvente.

d) farelo desengordurado, não aceitável como alimento animal pelos proprietários de animais, em substituição ao farelo natural.

e) O uso tradicional de outros óleos e gorduras, tem influenciado adversamente a aceitação de um óleo desconhecido, pelo consumidor".

## I. GENERALIDADES

### 1. O ARROZ

Os arrozais propriamente ditos não apareceram antes do final da era neolítica e os primeiros grandes celeiros foram provavelmente os da China Oriental (2800 a.C.) e a Índia (3000 a.C.) (13). A partir deste momento, o grão se espalhou por todo o globo, ao ponto que, atualmente, tona parte na dieta básica da metade da população humana (38).

O gênero *oryza* pertence à família das gramíneas, tribo das orizeas; compreende cerca de 25 espécies dispersas espontaneamente nas regiões tropicais e sub-tropicais da Ásia, África e América do Sul (56). A mais importante é a denominada *oryza sativa* (57).

Em 1968 a produção mundial de arroz foi de 284.168.000 toneladas sendo a China, a Índia, o Paquistão, o Japão e a Indonésia os principais países produtores. (ver tabelas 1 e 2).

### 2. O BENEFICIAMENTO DO ARROZ

O arroz em casca é submetido, depois da colheita, à trilhagem e secagem, ao beneficiamento. Este é executado em engenhos especiais, o qual consiste em limpeza e polimento dos grãos, obtendo-se como subprodutos da operação: a casca, o farelo e a quireira de arroz (24). As proporções aproximadas que apresentam depois do beneficiamnto são: arroz 48%; casca 20%; farelo 16%; quireira 16% podendo variar de acordo com o tipo de arroz, idade, teor de umidade e tipo de beneficiamento (22).

A casca está constituída por um involucro rígido que protege o grão e que possui um alto conteúdo em silício (gluma e pálea) (ver figura 1).

O farelo é formado pelo pericarpo, tegumento, capas aleurônicas e pequenas porções de endosperma (7), mas em sua forma comercial incluí também o germe (57). Quando provém dos brunidores iniciais ou finais no beneficiamento, tem-se dois tipos de farelo: o pardo e o branco, respectivamente.

TABELA 1

PRINCIPAIS PRODUTORES DE ARROZ EM CASCA (1)

PAÍS	PRODUÇÃO mil toneladas
China(Continental) (2)	91.000
Índia	59.642
Paquistão	20.065
Japão	18.765
Indonésia	15.224

Fonte: F.A.O. 1970 - Anuário de Producción, 1969.  
Vol. 23, ROMA.

(1) Ano de 1968.

(2) Estimativa da F.A.O.

TABELA 2

## PRODUÇÃO DE ARROZ EM CASCA NOS PAÍSES AMERICANOS (1)

PAÍS	PRODUÇÃO mil.ton.	PRODUÇÃO mil.ton.
Canadá	-	Haiti 20
U.S.A.	4.721	Honduras <sup>(2)</sup> 33
Argentina	283	Jamaica <sup>(3)</sup> 2
Bolivia	68	Mexico 455
Brasil	6.652	Nicaragua <sup>(2)</sup> 67
Chile	93	Panamã 163
Colômbia	780	Paraguai 21
Costa Rica	121	Perú 208
Cuba	182	Porto Rico -
Rep. Dominicana	169	Surinan 120
Equador	215	Trinidade-Tobago <sup>(3)</sup> 10
El Salvador	84	Uruguai 104
Guatemala	31	Venezuela 245
Guiana	210	- - - - -
TOTAL.....		15.060

Fonte: F.A.O. 1973 - Anuário de Producción 1969 -Vol.23 - ROMA

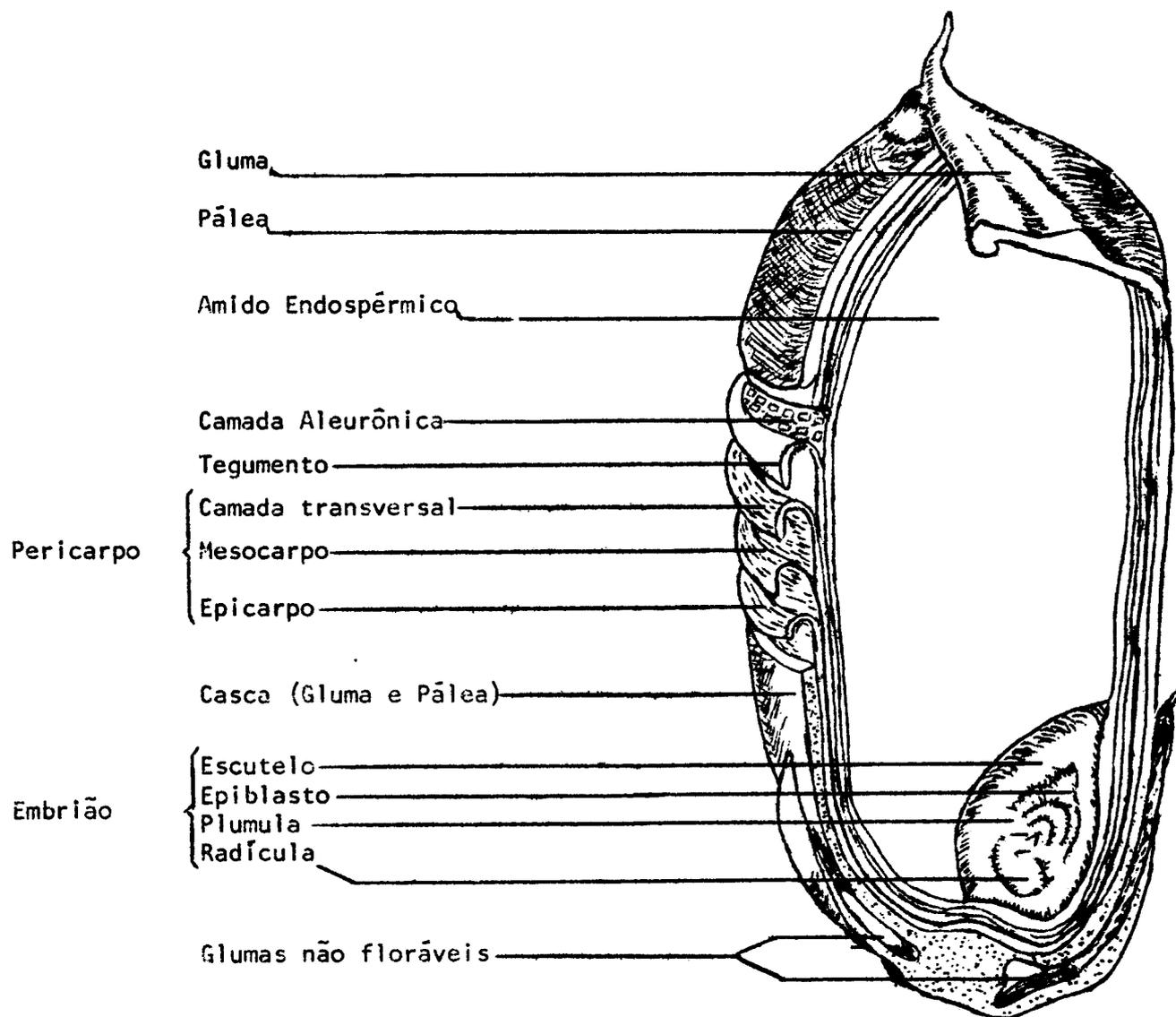
(1) Ano de 1968

(2) Não oficial

(3) Estimativa da F.A.O.

FIGURA 1

MORFOLOGIA DO GRÃO DE ARROZ



FONTE: Grist, D.M. 1961 By-products of the rice industry. World Crops.  
13 (3) 99-101.

A quirera está formada por fragmentos de grão que se rompem durante o beneficiamento (partículas de endosperma).

A tecnologia do beneficiamento deste cereal foi tratada detalhadamente por Matz (39) e Daniels (10). Um resumo da composição química das frações é mostrado nas tabelas 3, 4 e 5.

### 3. O FARELO

Durante o beneficiamento do arroz, os principais elementos nutritivos do grão são concentrados no farelo, que o torna um excelente alimento para animais e ótima matéria-prima para processos industriais. A utilização deste produto, contudo, está limitada pela atividade enzimática que se desenvolve a partir do beneficiamento, a qual constitui o principal problema.

O farelo é utilizado diretamente na alimentação animal, misturado com outros componentes para formar as rações, principalmente, de gado suíno e gado leiteiro (22) (11). Outra aplicação do farelo de arroz é na indústria de extração de óleo e cêra, obtendo-se como sub-produto um farelo resistente à ação enzimática e apto para o consumo animal.

Pelo volume de produção, o farelo é uma fonte potencial enorme, na obtenção de óleo, ainda não explorada em grande escala. Embora se tenha solucionado a maioria dos problemas tecnológicos que sua exploração industrial requer.

### 4. AS ENZIMAS

Depois do pilado, há uma grande atividade das enzimas lipolíticas que entram em ação imediatamente, desesterificando os triglicerídeos e provocando a acidez. Foi comprovado que durante as primeiras horas, depois do pilado, o conteúdo de ácidos graxos livres do farelo incrementa-se aproximadamente 1% por hora quando o farelo é armazenado a 25 °C (48). Tal enzima foi purificada recentemente (18).

TABELA 3

## COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ARROZ E SEUS SUB-PRODUTOS (1)

DETERMINAÇÃO	ARROZ PARDO	ARROZ BRANCO	FARELO ESCURO	FARELO CLARO	GERME
Proteína	6,0 - 15,4	4,5 - 14,3	7,3 - 19,1	10,8 - 19,0	16,8 - 24,1
Gordura	0,1 - 4,0	0,05 - 4,6	6,4 - 29,8	6,2 - 18,2	12,9 - 19,3
Fibra	0,09 - 2,6	0,1 - 1,0	5,7 - 17,8	1,1 - 4,1	10,5
Estrato livre de Nitrogênio	74,5 - 81,3	84,0 - 94,3	37,2 - 68,8	56,6 - 75,1	36,2
Cinzas	0,5 - 2,9	0,2 - 1,9	6,3 - 23,7	2,7 - 14,6	7,0 - 9,8
Pentosanas	1,8 - 3,0	0,16 - 2,2	8,6 - 16,3	0,1 - 5,0	7,4

Fonte: Juliano, B.O. 1966, Physicochemical data on the rice grain. Technical Bulletin 6. International Rice Research Institute Phylippines.

(1) Em porcentagem e base sêca.

TABELA 4

PORCENTAGEM DE NITROGÊNIO E AMINOÁCIDOS MAIS IMPORTANTES NO ARROZ E SUB-PRODUTOS.

	ARROZ PARDO	ARROZ BRANCO	FARELO ESCURO	FARELO CLARO	GERME
Nitrogênio	1,23	2,14	1,98	1,02	1,15
Cistina	0,090	0,137	0,141	0,073	0,13
Metionina	0,23	0,34	0,43	0,21	0,15
Triptofano	0,074	0,096	0,107	0,086	0,08
Lisina	0,260	0,443	0,444	0,280	0,26
Arginina	0,254	0,344	0,273	0,251	0,41
Histidina	0,054	0,090	0,071	0,059	0,14
Treonina	0,27	0,37	0,39	0,30	0,28
Valina	0,50	0,61	0,63	0,49	0,41
Leucina	0,90	1,18	1,22	0,93	0,81
Fenil alanina	0,31	0,44	0,46	0,30	0,31

FONTE: Matz, S.A. , 1970 Rice processing, In: Cereal Technology. The A.V.I. Publishing Company Inc. Pu

TABELA 5

CONTEUDO DE VITAMINA DO ARROZ E SEUS SUB-PRODUTOS<sup>(1)</sup>

	ARROZ PARDO	ARROZ BRANCO	FARELO ESCURO	FARELO CLARO	GERME
Vit. A	0,0-0,13	0,0-0,2	4,2	0	0-1,2
Tiamina	0,58-6,6	0,0-3,74	6,5--36,9	0,13-50,0	20,0-65,0
Riboflavina	0,21-1,98	0,11-0,87	1,37-4,0	1,14-3,5	2,5-5,0
Niacina	25-168	8,2-51,5	201-408,6	100-408	15,2-72,6
Piridoxina	1,6 -10,3	0,37-4,5	10,3-32,1	9,6-30,8	16,0
Ac. Pantotênico	2,69-17,0	3,4-7,66	27,7-71,3	26-92,5	30
Biotina	0,033-0,137	0,004-0,042	0,16-0,60	0,14-0,66	-
Inositol	1220	100-125	4627-9270	4280-4536	3725-6400
Colina	1080	434-711,5	1279-1700	1020-1134	2031-3000
Ac. Fólico	0,60	0-0,16	1,35-1,41	0,73	1,63-4,3
Vit. B <sub>12</sub>	0,0505	0,00158	0,005	0,0029	0,0105
Vit. C	0-18	0	-	0	0
Vit. E	13,1-29,0	0-§	30-173	-	375
Ac. P.A. Benzóico	-	0,03-0,16	0,75	1020-1134	1,0
Fitina	-	1100-4100	-	-	-

FONTE: Juliano, B.O. 1966 , Physicochemical data on the rice grain. Technical Bulletin 6. - International Rice Presearch Institute. Phylippines.

(1) 10<sup>-6</sup> g./g. de matéria sêca.

(§) traços.

Se o armazenamento é feito por longo tempo, pode ocorrer uma oxidação catalizada pela lipoxidase, com a formação intermediária de hidroperóxidos (6b).

Os produtos destas reações segundo Deuel (12a) são: ácidos graxos livres, aldeídos, cetonas, peróxidos e álcoois, responsáveis pelo cheiro característico das gorduras rançosas.

Além da ação enzimática, a acidez é incrementada em menor grau pela ação de bactérias e fungos, em presença de ar (58).

Depois que o farelo é removido do arroz, o conteúdo de ácidos graxos livres no óleo é de 3% e quando chega a 60-70% de acidez, o farelo está extremamente rançoso (48), mas já a 15-20% é que torna impossível o seu processamento para obtenção de óleo comestível visando fins comerciais (50).

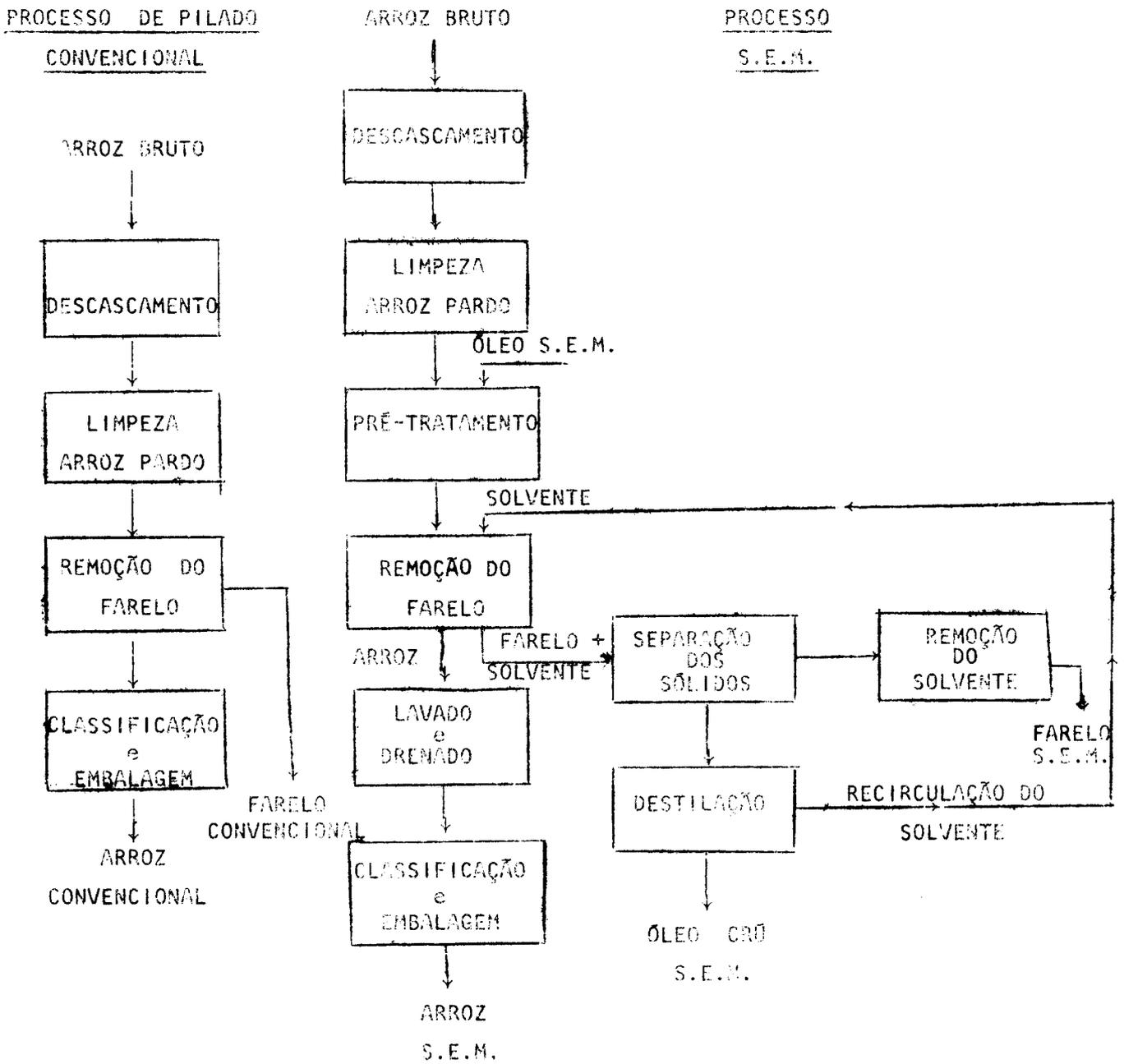
Na literatura encontra-se que a extração de óleo pode ser efetuada antes que aconteça a acidificação, partindo do farelo imediatamente depois do pilado, ou, também, simultaneamente com o pilado como é o caso do processo S.E.M. (solvent - extraction - milling), figura 2. Se as piladoras de arroz estão distantes entre si, é necessária a estabilização do farelo mediante uma inativação enzimática. Pelo contrário, se o farelo sofreu a ação enzimática (acidificação do óleo) é preciso realizar uma reesterificação ou destilação dos ácidos graxos livres, o qual embora seja tecnologicamente possível, apresenta muitos problemas técnicos e econômicos (3), (12), (33), (34).

#### a. Processos de inativação das enzimas

Existem diferentes processos para inativar as enzimas do farelo de arroz. Industrialmente, o mais indicado é o de aquecimento seguido da secagem do farelo (43). Além deste, que é um método físico, há o método químico, baseado na ação do  $SO_2$  e que apesar de ser efetivo não é aplicável industrialmente, devido aos problemas tecnológicos derivados de seu emprego (48), (12).

FIGURA 2

COMPARAÇÃO ESQUEMÁTICA DO PROCESSO DE PILADO CONVENCIONAL E DO PROCESSO S.E.M.



FONTE: Anônimo. 1966. The S.E.M. Milling Process. Food Technology. 20 (10), 1287-1288.

Segundo a opinião dos diferentes autores, a ação enzimática desenvolvida no farelo de arroz pode ser reduzida por meio de um tratamento térmico a alta temperatura (100-120°C) e curto tempo (12) (36) (48), ou por tratamento a vapor de água durante cinco minutos (12). Isto foi verificado pelos trabalhos de Kopejkwokij e colaboradores (29) e Rao e colaboradores (44), os quais estudaram a influência da temperatura sobre a atividade enzimática em farelo de arroz.

A redução da atividade da água pode ser também um meio adequado no controle da atividade enzimática. Grist (22) sugere o seguinte tratamento: esquentar o farelo durante uma hora a 94°C, reduzindo assim a umidade até 3%. Nestas condições a atividade enzimática diminui de tal modo que o farelo assim tratado pode ser armazenado sem problemas de decomposição, até 25 dias. Por outro lado Hunter, citado por De Castro (12), afirma que a minimização da atividade enzimática pode ser atingida por simples redução da umidade do farelo até 4%.

É necessário ressaltar a existência de um processo de inativação enzimática conhecido com o nome de "Expansão do farelo" cujas vantagens e fundamentos serão discutidos posteriormente.

## 5. O ÓLEO

O óleo de arroz sob o aspecto nutricional, tem grande importância, devido à presença em sua composição de um ácido graxo poli-insaturado em alta proporção, o linolêico, essencial para o organismo humano (55). O seu baixo conteúdo de ácido linolênico aliado, ao alto teor de tocoferol, asseguram-lhe estabilidade quanto à oxidação, reduzindo ao mínimo a formação de ranço e de sabores estranhos, que podem limitar a utilização de outros óleos em misturas gordurosas. É também necessário esclarecer que o conteúdo elevado de ácido linoleico parece ser o responsável pela diminuição do colesterol, no sangue, de modo que o fato mencionado pode assegurar ao óleo de farelo de arroz características muito vantajosas dentro da tendência mundial, no que se refere a óleos comestíveis e seus produtos derivados que o utilizam como matéria-prima, como por exemplo na fabricação de margarinas pastosas (23B).

Além da aplicação culinária (57a), este óleo é utilizado na fabricação industrial de maionese, sabões, cosméticos e medicamentos (23), como veículo de inseticidas, tratamento de couro. Na forma de "spray" é utilizado para preservar as vitaminas naturais da alfafa e também inter<sup>v</sup>em na manufatura de plásticos (14).

Recentemente, foi isolado do óleo um composto denominado "orizanol" que tem aplicações na indústria farmacêutica, devido as suas propriedades medicinais (23b).

Os valores da sua composição química e suas características físicas, dependem da variedade e da procedência da matéria-prima, assim como do tipo de processamento a que se submete (6). Essas variações podem ser observadas nas tabelas 6 e 7.

TABELA 6

FAIXAS DE VARIAÇÃO DOS ÁCIDOS GRAXOS COMPONENTES DO ÓLEO DE ARROZ (1)

ÁCIDO GRAXO	Nº CARBONO e DUPLAS LIGAÇÕES	FAIXA
Mirfístico	14:0	0,2 - 1,0
Palmítico	16:0	11,0 - 21,0
Esteárico	18:0	1,0 - 2,59
Araquídico	20:0	0,1 - 4,3
Lignocérico	24:0	0,4 - 0,9
Palmitoléico	16:1	0,0 - 0,2
Oléico	18:1	37,1 - 50,0
Linoléico	18:2	26,0 - 42,0
Linolênico	18:3	0,3 - 2,7

FONTE: De Castro, R.R. , 1969 , El aceite de morret de arroz. .  
Graxos y aceites 20 (3), 135-146.

(1) Porcentagens, obtidas por cromatografia de gás.

TABELA 7

## LIMITES DE VARIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DO ÓLEO DE ARROZ

PROPRIEDADE	LIMITES DE VARIAÇÃO
Peso específico a 15°C	0,912 - 0,928
Índice de Refração a 40°C	1,4658 - 1,4670
Índice de Saponificação	183 - 194
Índice de Iodo	92 - 109
Índice de Acetila	8,3 - -
Índice de Tiocianogênio	68 - 76
Índice de Hehner	94 - 95
Índice de Reichert - Meissl	0,1 - 1,7
Matéria Insaponificável (%)	1,0 - 5,0

FONTE: De Castro, R.R. 1969, El Aceite de Morret de Arroz. Grasos y aceites 20 (3), 139-146.

## II EXTRAÇÃO

### 1. EXTRAÇÃO POR PRENSAGEM

Desde muito tempo, tem-se utilizado o processo de extração por prensagem e provavelmente foi o primeiro método empregado industrialmente na produção de óleo, a partir do farelo de arroz. O método mencionado sofreu modificações que melhoraram o rendimento do óleo extraído (49).

Pelo método de simples prensagem utilizado primariamente, era possível obter rendimentos de até 50% do óleo contido no farelo. Posteriormente, tal rendimento foi melhorado mediante a umidificação e aquecimento até 100°C durante a prensagem do farelo. Devido a este fato, parece que a umidade do farelo é uma variável de interesse no rendimento do processo. Neste sentido De Castro (12), relata que o farelo pode ser prensado à baixa pressão quando sua umidade mínima for de um teor de 8%; nestas condições, o farelo deve ser aquecido até 90°C.

Um amplo estudo feito por Rao e colaboradores (47), sobre a extração por prensagem hidráulica de farelo de arroz, cujo conteúdo de umidade estava na faixa de 7 a 12% e porcentagem de óleo entre 17 a 19%, levou a conclusão que ótimos rendimentos (de 7 a 10% de óleo por unidade de peso de farelo) foram obtidos, quando a pressão de trabalho era de 5.000 libras por polegada quadrada e a temperatura de 100 a 102°C.

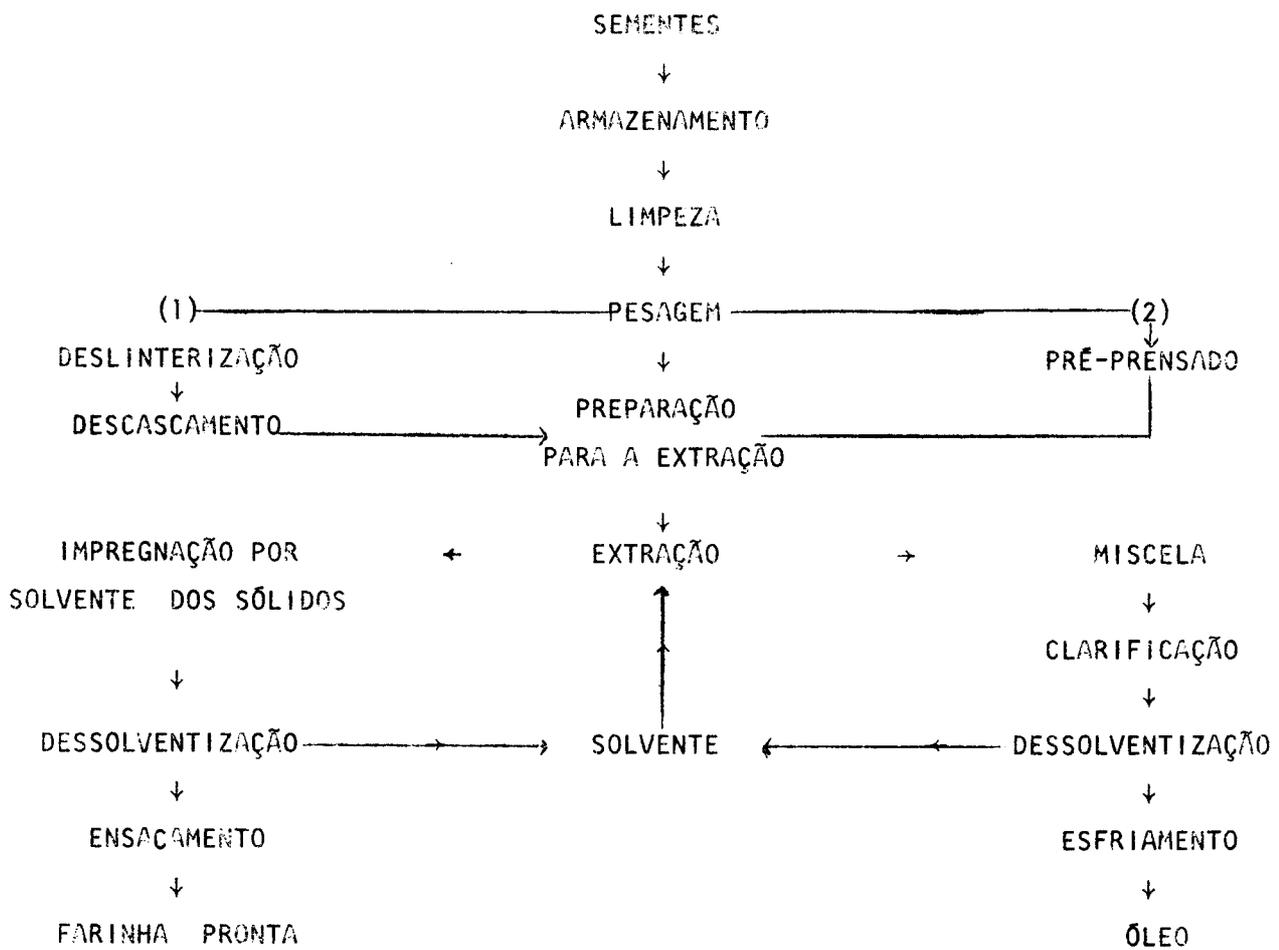
### 2. EXTRAÇÃO POR SOLVENTES

A extração por solventes compreende a percolação do óleo dos resíduos sólidos e a posterior recuperação do solvente livre de óleo e de farelo extraído. Na prática, o sentido é mais amplo já que este compreende todas as etapas desde a seleção e armazenamento da matéria-prima, até a obtenção do farelo dissolventizado e do óleo refinado (27). Ver figura 3.

A extração por solventes se baseia na dissolução do óleo contido no farelo por um solvente; a solução formada recebe o nome de "miscela".

FIGURA 3

ETAPAS DA EXTRAÇÃO POR SOLVENTES



FONTE: Karnofsky, G., 1949 The Mechanics of solvent extraction. J. Amer. Oil Chem. Soc. 26 (1-), 570-574

- (1) No caso da semente de algodão
- (2) No caso de semente com aqto teor de óleo.

A miscela quando alcança uma concentração de óleo desejável é encaminhada ao evaporador onde se recupera o solvente para logo após ser usado novamente (9), (27).

Qualquer solvente orgânico que seja efetivo na extração dos componentes graxos do farelo de arroz, pode ser usado, sempre e quando seja factível sua remoção à temperaturas baixas ou temperaturas que não afetem a qualidade do óleo. Na prática industrial, o solvente mais utilizado é o n-hexano e em menor grau o n-heptano. Do ponto de vista químico, em geral podem-se empregar frações de petróleo refinado de baixo ponto de ebulição, os quais são fundamentalmente solventes não polares. Além destes empregam-se também solventes polares, como os diferentes tipos de alcôois e éteres que reúnem os requisitos antes mencionados. Entre eles citam-se o etanol, isopropanol, éter etílico e éter dicloro dietílico. Os hidrocarbonetos clorados como o dicloro etileno e tricloro etileno. Além desses é possível o uso de misturas de solventes polares com os não polares (10).

A principal objeção ao uso do hexano é sua inflamabilidade. Por esta razão, diferentes alternativas foram experimentadas, como por exemplo; álcool isopropílico, álcool etílico e tricloro etileno (o uso deste último produz um farelo tóxico para o gado). O álcool, que não é tão econômico como o hexano, tem a vantagem de extrair as vitaminas procedentes do farelo (23). Apesar das observações anteriores, o solvente mais empregado é o hexano (12).

Ao invés do emprego de um solvente puro relativamente anidro, a extração pode ser efetuada com um solvente ou uma mistura de solventes, os quais dissolveriam uma pequena parcela de água, preferencialmente para formar azeótropos. A manipulação de um solvente azeotrópico neste processo é vantajoso, desde que ele tende a formar misturas de ponto de ebulição constante, e um meio extraído uniforme, contendo pequenas porcentagens de água, que favorece a umidificação e penetração nas partículas de farelo. Segundo Daniels (10), qualquer excesso de água tomado do ar pelo farelo de arroz ou de outra fonte, é perdido na etapa de destilação azeotrópica durante a recuperação do solvente.

Rao e Narendrakumar (45), estudaram o hexano, éter de petróleo, tetra cloreto de carbono e isopropanol na extração de óleo do farelo por solventes; o hexano é o preferido por razões econômicas e pela cor brilhante do óleo obtido. Chega-se à conclusão de que a natureza do solvente e o tamanho das partículas de farelo têm influência na extração e na qualidade do óleo final.

A literatura técnica é abundante em estudos da extração por solventes, a partir do farelo de arroz. Foram estudadas as diferentes variáveis que afetam o processo, sendo as principais:

- 1º) teor de umidade;
- 2º) temperatura e
- 3º) relação farelo-solvente.

1º) Efeito da umidade. Martinenghi (36), observou que a velocidade de extração varia linearmente com a diminuição do conteúdo de água. Pesquisas realizadas no Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul (1) e Da Costa (9), indicam maior rendimento na extração quando a umidade do farelo era reduzida previamente até 7 a 9%. Grist (23) num trabalho similar afirma que os "finos" (partículas de farelo finamente divididas) tendem a suspender-se na miscela; esta tendência depende do conteúdo de umidade do farelo, mas, quando a umidade do farelo é da ordem de 15%, a quantidade de "finos" que passam para a miscela é menor. Assim mesmo o autor ressalta que este grau de umidade não exerce efeito adverso no rendimento da extração de óleo.

2º) Efeito da temperatura. Segundo Da Costa (9), a temperatura do processo de extração, na qual o rendimento de óleo é ótimo, varia entre 50 e 55°C; desta mesma forma Kopejkowkij (30), menciona que a temperatura de extração tem grande influência sobre a composição final do óleo, dado que à temperatura superior a 60°C obtem-se óleo escuro.

3º) Efeito da relação farelo-solvente. De Castro (12), encontrou que a relação ótima segundo as condições do método empregado era de

1:5 a 4:5. Este trabalho é completado por Martinengui (36) que determinou o seguinte: nas mesmas condições, a extração é favorecida pela agitação, sendo então seis vezes mais rápida do que aquela obtida por percolação simples à temperatura ambiente. Além disso, o mesmo autor afirma que aquecendo a 50°C obtem-se um aumento de 5% no rendimento de óleo, independentemente do processo ser realizado com ou sem agitação.

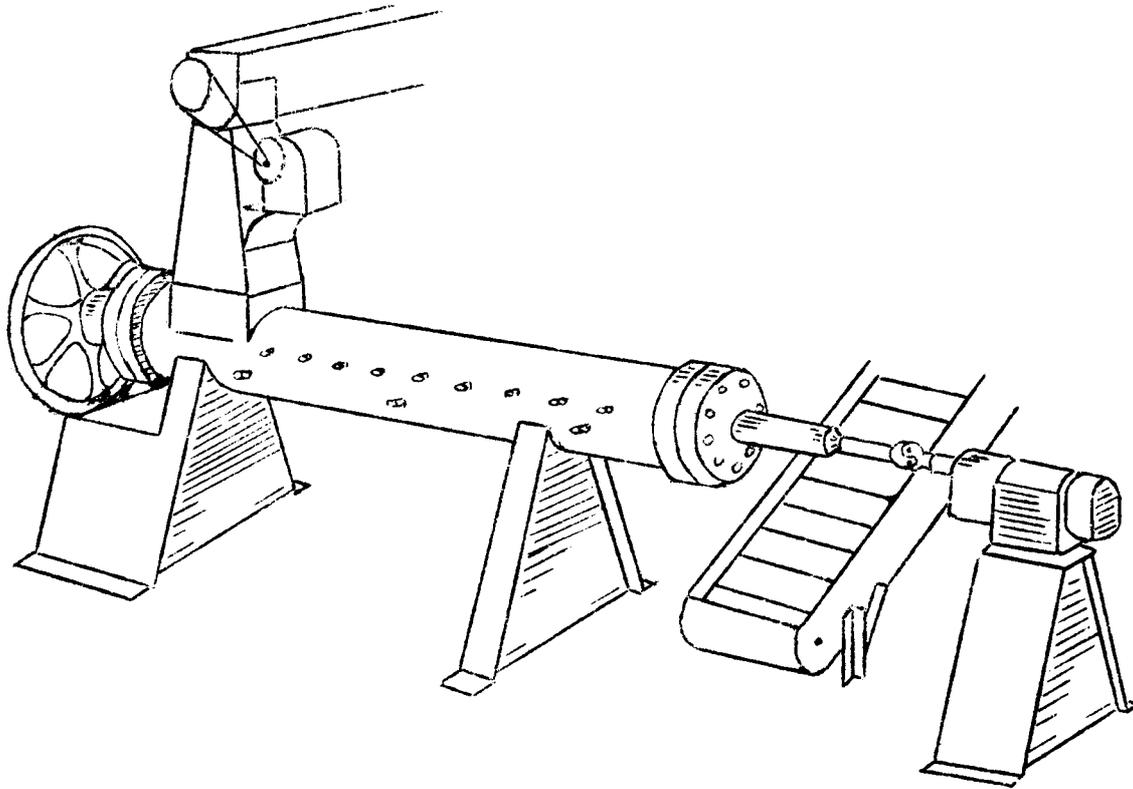
Na extração da semente de algodão, amendoim e farelo de arroz, a miscela pode conter até 5% de "finos", e que exige operações de sedimentação ou centrifugação para sua eliminação. No caso da soja, os "finos" representam apenas 0,2% e sua eliminação se faz por uma simples filtração (20). Esta natureza finamente granulada do farelo de arroz, causa problemas na clarificação da miscela, no processo de dessolventização e nos extratores (58). A solução para os problemas causados por estes "finos" se consegue mediante prévio "cozimento" do farelo antes da extração. Uma variação deste processo é o de "expansão" do farelo, pelo qual o farelo é hidratado (aproximadamente até 25% de umidade), aquecido com vapor entre 121 - 163°C e forçado a sair por pequenos orifícios, onde se formam os poros internos por vaporização da água super-aquecida; o processo se realiza num expansor (1) (58) ver figura 4. São as seguintes vantagens da expansão:

- a) Prevenção da formação de ácidos graxos livres (por inativação enzimática);
- b) Formação de aglomerados entre as partículas de farelo (por gelificação dos amidos); e
- c) Aumento da velocidade de extração.

Os métodos industrialmente empregados com boa eficiência no controle da extração são dois: o primeiro proposto por Magne (35) é denominado controle de densidade da miscela, e o segundo sugerido por Graci e colaboradores (20), constitui a centrifugação dos "finos".

O processo de extração propriamente dito se realiza nos chamados "extratores", cujos tipos principais são dois: imersão e percolação

EXPANSOR ANDERSON



FONTE: Willian, M. and Baer, S. 1965. The expansion and extraction of rice bran. J. Amer. Oil Chem. Soc. 42 (2), 151-155.

(27). No extrator de imersão, os sólidos são agitados no solvente; entretanto, no caso de percolação o solvente é passado através de uma camada de sólidos. Em cada um destes "extratores" o contato entre o solvente e os sólidos pode ser contínuo ou descontínuo, com drenagem parcial do solvente entre as etapas. Na maioria dos casos o fluxo do solvente e o dos sólidos é feito em contra-corrente.

Cada tipo tem suas limitações e vantagens. O de percolação requer que os sólidos formem um leito poroso, através do qual o solvente possa fluir; implica portanto em adequado pré-tratamento dos sólidos, o que não é necessário no processo de imersão. Contudo, quando a percolação é usada, há vantagens, já que a filtração produz uma miscela clara (miscela do leito), pois permite uma adequada drenagem e causa uma insignificante redução do tamanho das partículas.

A imersão requer geralmente uma clarificação auxiliar da miscela com tanques de decantação ou centrífugas.

Os requisitos de um bom extrator de acordo com Karnofskysy (27), são os seguintes:

- a) extrair a maioria do óleo mediante uma econômica relação farelo-solvente;
- b) ser mecanicamente forte e capaz de suportar uma operação contínua, por muitos meses sem manutenção;
- c) operar quanto mais simples e automaticamente possível;
- d) causar uma mínima redução no tamanho das partículas sólidas; e
- e) produzir a miscela mais clara possível.

São dois os processos mais usados na extração por solventes, para recuperação de óleo do farelo de arroz: o processo descontínuo (ou de carga) e o processo contínuo. Neste último destacam-se o processo de coluna (Allis Chalmers) e o processo Filtração-Extração simultânea.

## 2.1. Extração Descontínua

Mickus (40), descreve o funcionamento de uma planta que opera nos Estados Unidos por este sistema (ver figura 5).

O farelo é carregado nos extratores retangulares e depois que a temperatura é ajustada, se adiciona o hexano. O solvente flui através da massa até desaparecer da superfície. O intervalo para este ciclo não excede a 6 horas para que o extrator seja descarregado, ficando completamente drenado o material, o qual vai alimentar os secadores. A miscela escoo até um tanque onde separam as partículas finas de farelo por sedimentação as quais são devolvidas ao extrator. Dos tanques de separação a miscela passa a um pré-aquecedor, aquecido por vapores de hexano que provêm do evaporador; simultâneamente, estes vapores de hexano são esfriados e logo levados ao condensador.

A miscela, do pré-aquecedor, a 46°C, ingressa ao evaporador que está a 82°C, no qual aproximadamente 90% do solvente é evaporado.

Finalmente, o óleo obtido é bombeado a uma coluna de destilação na qual é injetado vapor, diretamente, e desta forma se consegue remover os restos do solvente. Logo após, operando a um vácuo de 15 polegadas de Hg, são eliminados os resíduos de umidade e solvente.

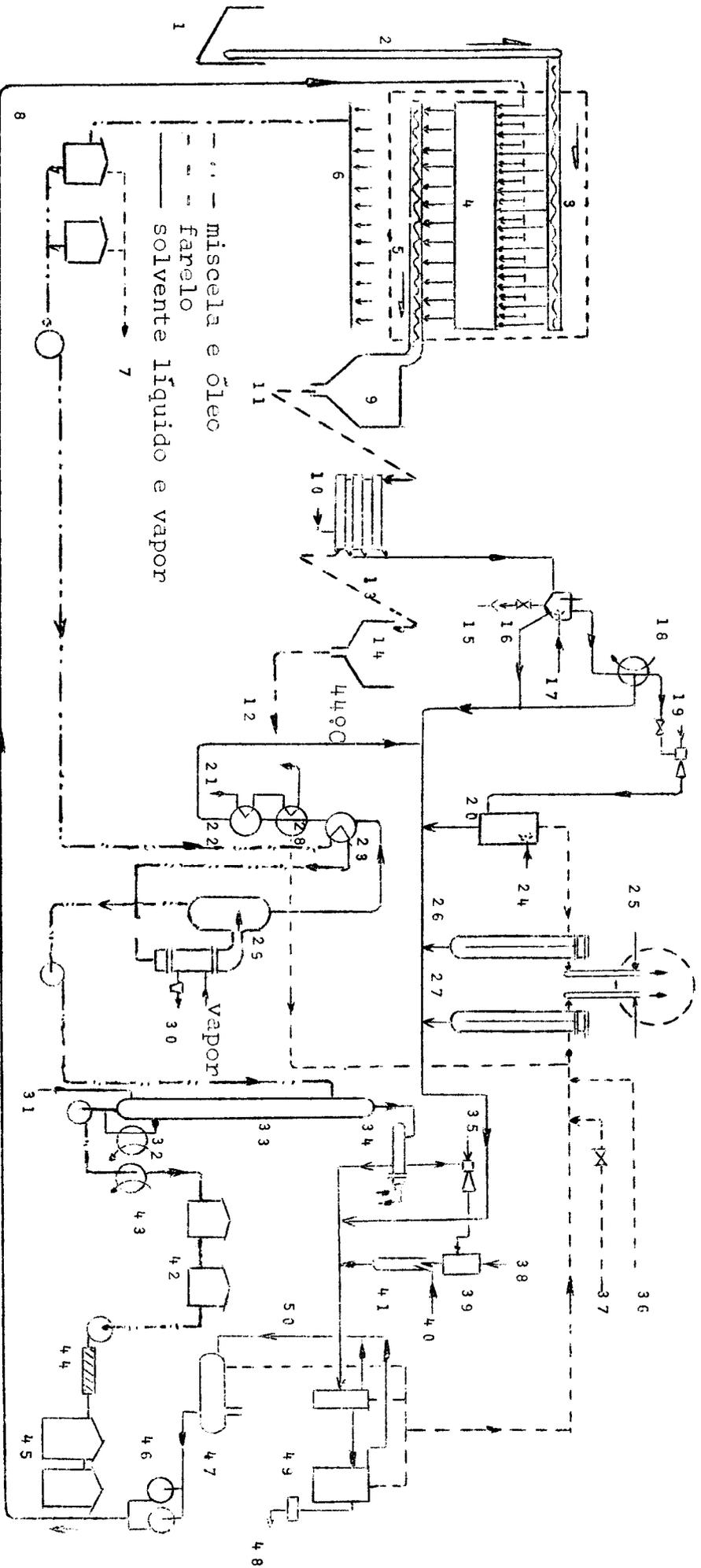
O óleo é armazenado a 21°C e logo filtrado em prensas para remover as gomas, cêras, fosfatídeos e partículas residuais do farelo. O produto-óleo cru, é armazenado para posterior refinação. (40)(48)(53).

## 2.2. Extração Contínua

### 2.2.1. Sistema Allis Chalmers

Este sistema emprega um extrator de coluna vertical, de processo contínuo que opera por imersão (ver figura 6). O extrator possui bandejas estacionárias, cada uma delas possuindo uma abertura pela qual os sólidos e a miscela podem passar; um eixo rotatório com escovinhas removem os sólidos das bandejas. A miscela flui na parte superior enquanto

FIGURA 5

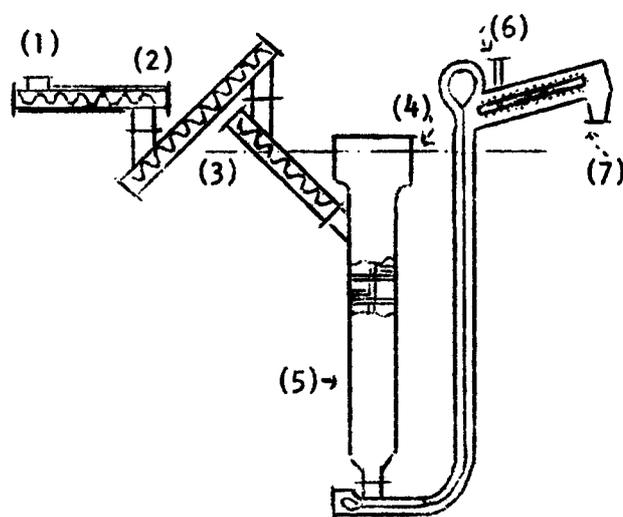


LEGENDA DA FIGURA 5

- |  |  |
|--|--|
| 1. Farelo fresco-56 tons. p/Dia                            | 26. Escape Cond. "B"                         |
| 2. Elevador do farelo                                      | 27. Escape Cond. "A"                         |
| 3. Transportador   | 28. Condensador de Vapor de Hexano           |
| 4. 12 Extratores Batch aprox. 6,7 m <sup>3</sup> /extrator | 29. Evaporador                               |
| 5. Farelo extratado + solvente                             | 30. Vapor                                    |
| 6. Coletor de miscela                                      | 31. Vapor de esgotamento                     |
| 7. Escape ao Cond. "A"                                     | 32. Vapor                                    |
| 8. Armazenagem da miscela Hexano -1500 gal./Batch          | 33. Dessolventizador de óleo                 |
| 9. Tanque de farelo extratado                              | 34. Condensador                              |
| 10. Vapor de esgotamento                                   | 35. Vapor                                    |
| 11. Secadores de Jaqueira de vapor 130 psig.               | 36. Escape dos tanques de miscela armazenada |
| 12. Farelo extratado do moinho                             | 37. Escape dos extratores                    |
| 13. Elevador do farelo                                     | 38. Água                                     |
| 14. Tanque   | 39. Câmara de Spray                          |
| 15. Purga  | 40. Spray de água                            |
| 16. Trâpole  | 41. Cano aberto                              |
| 17. Spray de água  | 42. Tanques de óleo                          |
| 18. Água   | 43. Resfriador                               |
| 19. Vapor  | 44. Filtros Prensa                           |
| 20. Câmara de Spray  | 45. Armazenagem do óleo                      |
| 21. Água   | 46. Bombas de hexano                         |
| 22. Resfriador de Hexano                                   | 47. Armazenagem do solvente                  |
| 23. Pré-aquecedor  | 48. Água residual                            |
| 24. Água   | 49. 4Decantadores p/água residual            |
| 25. Spray de água  | 50. Hexano separado                          |

FIGURA 6

EXTRATOR DE COLUNA



LEGENDA

- (1) Entrada de farelo
- (2) Pré-tratamento
- (3) Nível do solvente
- (4) Recepção da Miscela
- (5) Extrator
- (6) Entrada do solvente quente
- (7) Farelo extraído ; para os secadores

FONTE: Anônimo 1952. Rice bran yields edible oil. Chemical Engineering, 59 (10), 222.

os sólidos descem por gravidade e são retirados pela parte inferior e levados por cima do nível do solvente para serem drenados (2)(23)(31)(32).

### 2.2.2. Processo Filtração-Extração

Inicialmente, este processo foi desenvolvido para a extração de óleo da semente de algodão por Spadaro e colaboradores (52), e recentemente tem sido aplicado ao processamento do farelo de arroz com grandes vantagens (ver figura 7).

De acordo com Graci e colaboradores (21) e Grist (23), o processo consiste no seguinte:

- a) cozimento do farelo a 95°C;
- b) sub-divisão dos agregados formados e resfriamento (54°C);
- c) absorção do solvente pelo farelo;
- d) lavagem do farelo com o solvente e filtração a vácuo num aparelho rotativo; e
- e) recuperação convencional do óleo e farelo extraído.

Flutuações na alimentação dos extratores que trabalham por processos contínuos, tem um efeito adverso nas operações mecânicas e na eficiência da extração.

O escape de vapores de solventes no ponto de entrada do farelo é um problema que aumenta as perdas de solvente. Estes defeitos são solucionados mediante um alimentador contínuo apropriado, como o descrito por Gardner e colaboradores (19).

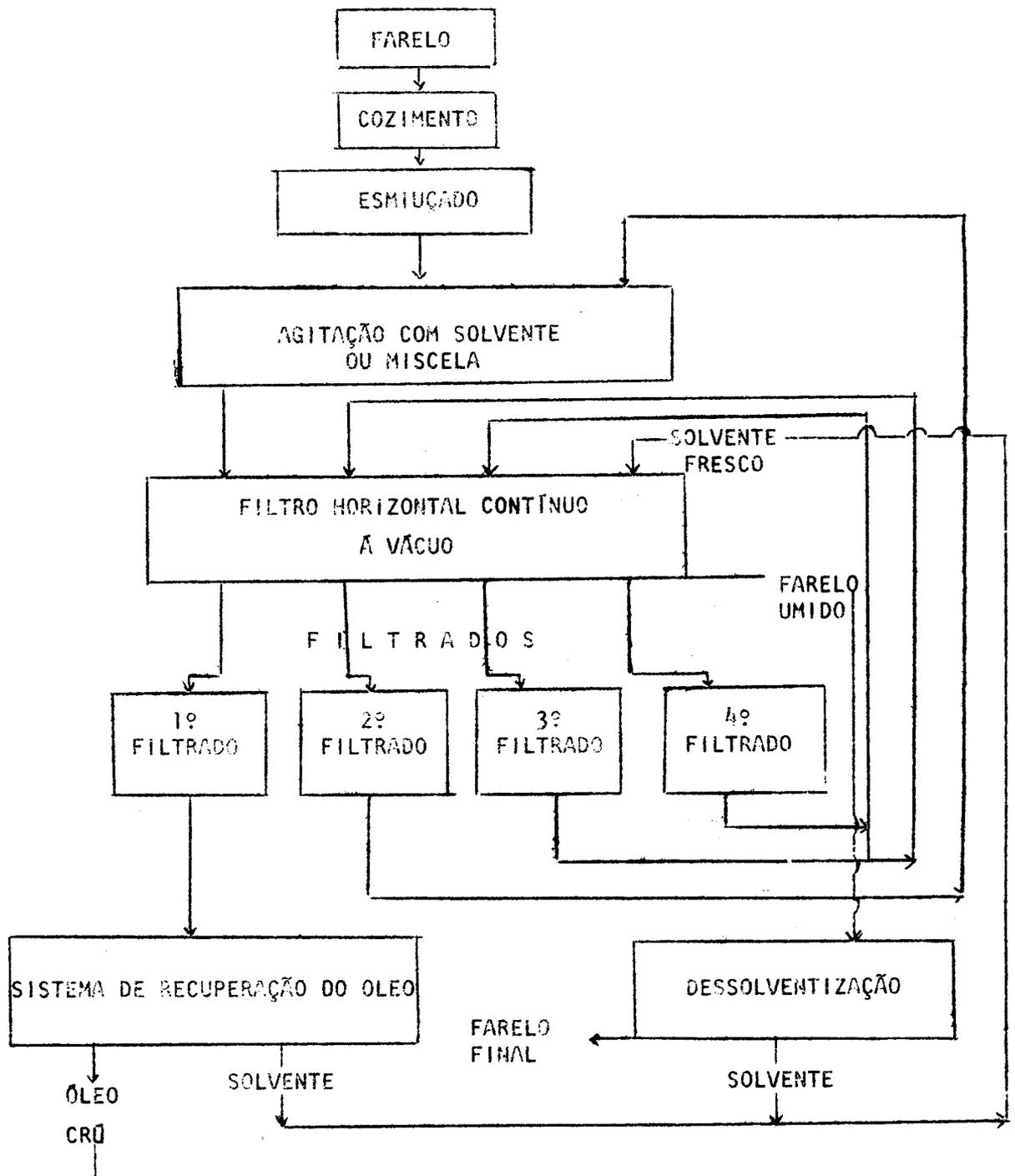
Os extratores de cestas de Lurgi e de esteiras de Smet são também empregados na extração do farelo de arroz (\*).

---

(\*) *Comunicação pessoal dos doutores J. S. Tango, ITAL, e L. Hartman, UNICAMP, Campinas.*

FIGURA 7

DIAGRAMA DO PROCESSO FILTRAÇÃO-EXTRAÇÃO PARA O FARELO DE ARROZ



FONTE: Graci Jr. et al., 1953 . Pilot-plant application of filtration-extraction to rice bran. J. Amer. Oil Chem. Soc. 30 (4), 139-143.

### III REFINAÇÃO

A refinação do óleo é uma operação pela qual se obtém um produto de alto valor comercial que possibilita tornar um óleo cru em produto co mestível. Linn e Steen (34) acha que para se obter uma refinação satis fatória os seguintes fatores devem ser considerados:

- baixo conteúdo de cêras;
- baixo conteúdo de impurezas solúveis e insolúveis;
- baixo conteúdo de ácidos graxos livres; e
- boa descoloração e desodorização.

Para conseguir-se os fatores acima mencionados, o óleo bruto de farelo de arroz é tratado em diferentes etapas, que segundo Da Costa (9), podem ser assim relacionadas:

1. Degomagem.
2. Neutralização.
3. Clarificação ou descoloração.
4. Desceragem.
5. Desodorização.

1. Degomagem

Consiste na eliminação das gomas, mucilagem, resinas e fosfatídeos.

Segundo Martinenghi, (37), a "degomagem" pode ser realizada por:  
a) tratamento com ácido sulfúrico, a diferentes concentrações; b) trata mento com água ou soluções aquosas de electrolitos; c) tratamento com terra adsorvente; e d) tratamentos variados como coagulação a alta tem peratura (250°C), floculação em um campo elétrico, ação de ácidos clorí drico, fosforico, bórico, tânico, tricloro acético e por ação do sulfa to de alumínio.

A degomagem também pode ser efetuada por hidratação com água quente ou por coagulação com ácidos, como o fosfórico, o cítrico a 0,1% e temperaturas de 70°C durante 15 minutos. Na refinação, pela separação das gomas hidratadas, obtém-se menores perdas (9). Outros ácidos empregados são: sulfúrico, clorídrico e oxálico (12).

## 2. Neutralização

A neutralização consiste na eliminação dos ácidos graxos livres e nas demais impurezas do óleo.

Existem diferentes maneiras de realizar esta neutralização e ante a impossibilidade de citar neste trabalho, todos os métodos existentes serão descritos resumidamente, alguns de interesse para o esclarecimento deste problema.

Da Costa, (9), recomenda tratamento com soda cáustica de 18 a 22%Be. Este tratamento é feito a frio, a fim de evitar as perdas por saponificação do óleo bruto.

Uma alternativa do processo anterior é o método de Dressler, citado por De Castro (12), o qual emprega soda cáustica de 20%Be com 1% de silicato de sódio e 1% de água. Agita-se durante meia hora, eleva-se a temperatura a 60°C, reduzindo a agitação ao mesmo tempo que se adicionam 4% mais água, e por último se acrescentam mais 2% de água na forma de pulverização.

Um estudo realizado no Brasil (1), recomenda uma solução de soda cáustica de 16%Be, usando um excesso de 0,6% sobre o peso do óleo, além do necessário, para sua neutralização. A adição da solução é contínua; logo após a mistura é aquecida a 60°C passando para centrífugas contínuas onde a borra é separada do óleo neutro. Este é lavado com água, posteriormente separado por centrifugação e finalmente é seco por aquecimento leve e disperso em uma câmara de alto vácuo. Desta forma, há uma perda de 16,5% a partir de um óleo de 5% de acidez, perda que é representada pela borra, empregada na fabricação de sabão.

O processo de patente japonesa 1819 de "neutralização em miscela"

(1950) citado por De Castro (12), trata o óleo muito ácido com benzeno e logo após adiciona soda cáustica a 20%. Em seguida, a solução anterior é tratada com metanol deixando decantar pelo espaço de 12 a 24 horas. Finalmente tem-se três fases: a fase superior é de benzeno (a menos densa), que após lavada com água e destilando-se o benzeno, obtem-se um óleo de 0,6% de acidez. A fase intermediária de metanol, é acidificada com ácido sulfúrico e após eliminar o metanol, dá um óleo ácido (aproximadamente 92% de a.g.l.). A terceira é a fase sólida, constituída pela borra.

Um sistema que aplica purificação e extração, é descrito por De Castro (12), baseando-se no trabalho publicado por Sakurai. O método consiste em purificar previamente o óleo pela adição de igual volume de HCL a 0,5%; a mistura é aquecida a 70°C com agitação simultânea. A fase aquosa formada é retirada e logo após o óleo tratado é resfriado até 40°C. Nestas condições, o óleo purificado é submetido a um processo de neutralização pela adição de soda cáustica a 15%, obtendo-se três fases: uma fase sólida (sabão), e duas fases líquidas (emulsão e óleo). Submetido o sistema à centrifugação obtem-se a separação da fase sólida das líquidas. Esta parcela é lavada com água e o produto é um óleo com acidez inferior a 1%; se o óleo cru tiver 10% ou mais de acidez inicial. O principal inconveniente deste método, se apresenta na etapa de neutralização, pela presença de saponinas que dificultam a separação. Este inconveniente seria corrigido submetendo a uma sedimentação forçada com o emprego de soda mais concentrada, obtendo-se pastas mais firmes.

Outra alternativa para a neutralização de óleos muito ácidos é a sugerida por Aratjunjan (4), a qual consiste em desacidificação prévia por destilação por arraste de vapor e posterior neutralização com NaOH de 12 a 16°Be, empregando um excesso de 0,5% sobre a quantidade requerida. Desta maneira, obtem-se perdas no refinado de 3 a 8% de óleos por cada parte de acidez original. As perdas no refinado são atribuídas à presença de gomas e ceras contidas no farelo.

Segundo Martinenghi citado por De Castro (12), recomenda o seguinte método para óleos de farelo de arroz de até 50% de acidez:

a. ferver o óleo com ácido sulfúrico, eliminar a fase aquosa e tratar o óleo com argila.

b. esterificar com 5% de glicerina em presença de pó de zinco como catalizador e elevando a temperatura progressivamente de 90 a 210°C, sendo mantida na faixa de 200 a 210°C, durante cinco horas e à pressão de 25 mm de Hg, obtendo-se óleo com 5,5% de acidez. O óleo esterificado é diluído com hexano (1/4 ou 1/3 de seu volume) e resfriado a 1 ou 2°C abaixo de zero, para eliminar as ceras.

c. finalmente, filtra-se, elimina-se o dissolvente e então o óleo pode ser refinado da maneira corrente; o óleo obtido não turva a 5°C.

A desacidificação por esterificação, destilação e adsorção e discutida por Hartman (23a).

### 3. Clarificação ou Descoloração

Há duas formas de proceder a descoloração do óleo (37):

- descoloração química, por ação de compostos, oxidantes, redutores, ou desidratantes; e

- descoloração física, por adsorção com terras ou carvão ativo.

Segundo Martinenghi (36), pode-se usar na descoloração os ácidos sulfúrico, clorídrico, fosfórico ou oxálico, além do cloreto de zinco, cloreto de magnésio e sulfato de sódio; vanádio como catalisador; terras Fuller e carvão ativo.

O grau de descoloração conseguido para um óleo, depende de vários fatores, entre os quais citam-se: variedades de arroz, o método de extração e neutralização (12) (17).

O óleo de arroz neutro é descolorado até atingir uma cor aceitável, empregando uma mistura de terra e carvão ativos, eliminando-se desta forma as substâncias corantes amarelas e verdes, mas não as vermelhas, que predominam e dão a impressão de aumentar a intensidade. Para eliminar a matéria corante vermelha é necessário o emprego de ácido. Foram testadas concentrações de ácido a partir de 0,1 até 10%. Este tratamento pode-se acompanhar com ar, ou pela adição de outros produtos como água

Óxigenada, bissulfato de sódio ou sulfato de alumínio, com temperatura na faixa de 50 a 90°C.

A presença de clorofila, pode ser eliminada usando pequenas quantidades de terras ácidas (48).

Segundo Rao e colaboradores (46), os pigmentos podem ser eliminados com soluções aquosas de ácidos alifáticos dibásicos e/ou ácidos hidroxil carboxílicos junto com terras descorantes e carvão ativo, este último nunca deve ultrapassar de 0,5% (9).

O método descrito por Fan-Thi-An e colaboradores (15), utiliza vapor, terra descorante e carvão ativo. Entretanto Inone e Noguchi (25), propõem o emprego de uma solução a 0,5% de  $H_2SO_4$ , hexano e uma coluna de resina Amberlite, com os quais foram conseguidos resultados aceitáveis, mas, não tão vantajosos para merecer destaque.

#### 4. Desceragem

Nesta operação, tira-se a cera do óleo neutro e descorado, o qual geralmente contém de 3 a 9% de cera (8).

Considera-se que a cera contida no óleo favorece o aumento de acidez (1), sendo necessário o processo de desceragem a fim de reduzir as perdas durante a neutralização; deste modo a decantação das borras é bem mais fácil, evitando-se a turvação do óleo terminado (12).

Reddi e colaboradores (48), recomendam que o óleo seja esfriado lentamente na proporção de 1°C por hora até 0 ou 10°C. Nesta faixa de temperaturas, separa-se a cera do óleo por filtração ou por centrifugação.

A cera pode ser extraída juntamente com pigmentos, lecitina, ácidos graxos, mucilagens e água; se o óleo é esfriado, aproximadamente, a 12°C durante 12 horas, e logo após centrifugado, o conteúdo final de cera é de 0,75%. A mesma pode ser retirada por filtração com terras de diatomeas (1).

É possível uma separação fracionada do óleo e da substância cerosa, proveniente do farelo de arroz, mediante a extração com benzina a 20°C e 60°C (30).

Empregando temperaturas inferiores a 12°C e hexano, o óleo extraído é praticamente livre de ceras. Por outro lado, trabalhando a temperaturas superiores a 50°C, a extração das ceras é quase completa. Pode-se empregar outros solventes, como a acetona, mas neste caso convém utilizar uma relação de dissolvente-óleo 4:1 (12).

No processo sugerido por Grist (23), extrai-se o óleo de farelo com hexano frio; logo após, com hexano quente extrai-se a cera, que é separada por centrifugação. Esta cera resultante é de cor marron, mas, pode ser branqueada com uma mistura de peróxido de hidrogênio e trióxido de cromo. O rendimento em cera é de 0,22 a 0,31% do farelo original, ou 1,29 a 1,82% do óleo extraído.

Em outro processo a extração de óleo é feita entre 27-32°C; a refinação é feita de maneira convencional e as pequenas frações de cera restantes são retiradas durante o processo de "Invernação", a 5°C, antes da desodorização (34).

Existem dois métodos para obter óleo e cera do farelo de arroz cozido mediante o processo de filtração-extração (41), que são:

- 1 - extração com hexano frio, para obter óleo, e logo após uma extração a quente para obter cera; e
- 2 - extração do óleo e cera simultaneamente com hexano quente. Logo após, separação de óleo e cera por mudança da temperatura do hexano.

Benett (5), descreve um método de purificação de cera de arroz por repetidas lavagens com álcool etílico, acetona, éter e finalmente cloroformio.

Por meio do silicato de sódio, pode-se provocar a floculação da cera para efetuar sua separação do óleo por centrifugação (28).

Quando não se pensa utilizar a cera, esta pode ser eliminada, tratando o óleo com 5% de uma solução a 10% de cloreto de cálcio e em seguida centrifugar (12).

## 5. Desodorização

Esta operação tem por objetivo remover os compostos responsáveis pelo gosto e odor do óleo, que poderiam ser rejeitados pelos consumidores.

A técnica de desodorização pode ser a mesma empregada correntemente para outros óleos comestíveis, pois, neste processo, o óleo de arroz comporta-se de modo semelhante.

Os compostos responsáveis pelo gosto e odor do óleo de arroz são ácidos graxos de baixo peso molecular e outros compostos voláteis os quais podem ser eliminados por arraste do vapor, à vácuo de 10 mm de Hg de pressão absoluta, ou menos e à temperatura de 200-220°C. O tempo que tarda no processo para o óleo, é de 3 a 4 horas.

Depois da desodorização o óleo é resfriado a vácuo até a temperatura de 70°C e filtrado (9).

#### IV DISCUSÃO E CONCLUSÕES

##### Parte I. Dos processos de Inativação Enzimática

Os estudos realizados por Fumatzu e colaboradores (18) e Reddi e colaboradores (48), evidenciam a existência de enzimas lipolíticas no farelo de arroz e sua grande velocidade de reação. Desta forma, impõe-se a necessidade de estabelecer um adequado processo de preservação do farelo, como ponto de partida para qualquer estudo sobre aproveitamento comercial do farelo de arroz. Os métodos físicos mencionados por Grist (22), Kopejkwkij (29), Martinenghi (36), Ponte-Filho (43) e Willian (58), são baseados na ação do calor, e/o o controle da atividade da água. Por outro lado, De Castro (12) e Reddi (48) apresentam um método químico baseado na ação do  $SO_2$ , que entretanto, não parece aplicável para fins industriais. Deles, os mais, industrialmente viáveis, são dois: o de aquecimento e secagem (43) e o de expansão do farelo (58), sendo este o método mais vantajoso pelas seguintes razões:

- a) pela grande superfície específica (alta porosidade), as operações de extração por solvente são mais eficientes;
- b) pela alta resistência à compressão, a percolação é facilitada;
- c) como qualquer processo térmico, este método também elimina o problema dos "finos" e, conseqüentemente, reduz as operações de filtração ou centrifugação e a formação de crostas nos evaporadores.

##### Parte II. Dos processos de Extração

###### A. Métodos de Extração

Devido a baixa porcentagem de óleo no farelo de arroz, o método de prensagem vem a ser anti-econômico, devido o seu baixo rendimento. Isto é plenamente comprovado pela opinião de Rohr (50), que afirma: "Hoje,

devido ao elevado valor dos óleos vegetais, quase não existe "fábrica que possa sobreviver sem dispor de instalação de extração por solvente".

Em consequência, o método de extração aplicável ao propósito deste trabalho é o de extração por solventes. Dos solventes conhecidos, o mais conveniente, por suas vantagens econômicas e eficiência, na extração é o hexano.

## B. Condições de Extração

### 1. Efeito do Teor de Umidade

O critério geral é que o teor de umidade tem influência na extração de óleo do farelo de arroz (1)(9)(36), mas, Grist (23), afirma que quando a umidade é de 15%, este teor não exerce efeito adverso no rendimento da extração. Embora, este fato não tenha grande influência, indiretamente é desvantajoso pelas dificuldades na recuperação posterior do solvente.

O valor ótimo do teor de umidade recomendado varia na faixa de 7 a 9% (1) (9) (36); destes valores é evidente que por razões econômicas do processo, o valor de 9% é melhor que o de 7%, pois, os gastos de operação no caso de secagem do farelo a 9% são inferiores.

Do exposto acima conclui-se:

- a) o teor de umidade é uma variável que afeta o rendimento da extração; e
- b) o conteúdo ótimo de umidade no farelo, que assegura excelente rendimento é de 9%.

### 2. Efeito da Temperatura

É importante estabelecer a margem ótima de temperaturas sob as quais a extração com hexano oferece os melhores resultados. Da Costa (9) evidencia que tais condições são atingidas na faixa de 50-55°C, e Kopejkwkij e colaboradores (30) ressalta o efeito prejudicial das

temperaturas superiores a 60°C.

Portanto, chega-se a conclusão que a extração deve ser feita na faixa de 50-55°C.

### 3. Efeito da Relação Farelo-Solvente

Embora De Castro (12), estabeleça que a relação ótima está entre 1:5 a 4:5, Graci (21) recomenda a relação 1:1,1 no caso do processo filtração-extração.

Em face de tais resultados conclui-se que a relação ótima entre farelo e solvente é uma variável dependente do método de extração empregado.

### C. Tipos de Processo de Extração por Solvente

Fundamentalmente, o volume da matéria-prima a ser processada deve ser considerado. Desta forma, a seleção do tipo do processo de extração, tem que ser feita na base de um estudo econômico no momento de planejar a instalação do processo de extração, para o qual será necessário considerar as seguintes variáveis:

- 1) volume de produção;
- 2) investimento inicial;
- 3) complexidade do equipamento;
- 4) grau de qualificação do pessoal;
- 5) versatilidade do extrator para trabalhar com outras matérias-primas oleaginosas; e
- 6) localização da planta.

No caso da operação ter que ser feita com baixos volumes, o processo descontínuo tem inegáveis vantagens, pois, além de baixo investimento inicial, possui maior simplicidade e capacidade de ser condicionada

rapidamente para outra matéria-prima, no caso de interrupção do abastecimento.

No caso da matéria-prima ser em grande escala, o processo contínuo é justificado, embora o sistema de coluna possa ser econômico para processamento de 50 a 100 toneladas de farelo por dia.

As instalações do processo contínuo, são de maior valor, mais complexos e menos versáteis, o que refletirá em menores custos unitários de operação; porém os riscos no caso de manejo inconveniente são elevados.

Portanto, o sistema descontínuo será aplicável quando o volume disponível de matéria-prima for relativamente pequeno (menos de 100 t/dia) e em zonas, nas quais, exista disponibilidade de outras matérias oleaginosas, a fim de aproveitar a versatilidade do sistema. Esta última qualidade o faz mais vantajoso, frente ao sistema contínuo (coluna tipo Allis Chalmer), cujo volume de operação ótimo está na faixa de 50 a 100 toneladas por dia (2) e (31).

### Parte III Dos processos de Refinação

O objetivo comum dos diferentes processos de refinação é tirar impurezas, tais como: substâncias insolúveis ácidos graxos livres, corantes, ceras, e odores indesejáveis. Isso, é conseguido mediante as etapas de degomagem, neutralização, descoloração, desceragem e desodorização.

Sendo estes processos industriais, a chave do valor econômico do produto obtido, a informação oferecida pela literatura, ao respeito, é muito escassa.

De acordo com a finalidade a que se destina o óleo, o processo de refinação pode ser mais ou menos complexo. Desde que o objetivo deste trabalho é obter óleo comestível para consumo humano, o processo de refinação deverá conferir ao óleo as características exigidas pelas normas de qualidade estabelecidas pela legislação vigente, a fim de ter um produto que preencha as seguintes condições: 1) aceitação pelo mercado consumidor (facilidade na sua comercialização); 2) produto de ótima qualidade como alimento.

1. Degomagem. O processo de degomagem não oferece dificuldade tecnológica, pois, a eliminação dos compostos indesejáveis no óleo (gomas, mucilagos, resinas e fosfatídeos), do ponto de vista químico, são facilmente floculados pela ação a quente de soluções de ácidos muito diluídos. Por outro lado, qualquer efeito residual do ácido empregado fica eliminado pelo processo de neutralização que o segue.

Desta maneira, qualquer método que empregue a ação de soluções de ácido diluídas, a quente, é apropriada para o processo de degomagem.

2. Neutralização. Desde que este processo consiste num conjunto de reações químicas, a discussão deverá concentrar-se nas condições através das quais se obtém as velocidades mais vantajosas em relação à economia do processo.

Dos métodos descritos, o reagente comum com o qual se tem obtido os melhores resultados é a soda cáustica, porém o problema também importante é a escolha da concentração ótima. De certa forma a neutralização é favorecida pela alta concentração da soda empregada, mas neste caso um óleo assim tratado causaria problema de altas perdas por saponificação. Por outro lado, soluções de soda cáustica diluídas apresentam desvantagens, favorecendo a formação de emulsões, que provocariam perdas de óleo neutro e o processo de separação seria dificultado.

Com respeito a temperatura, esta favorece a neutralização, mas o ataque de soda a quente favorece também a saponificação, e então o processo seria prejudicado, no caso de se usar soda muito concentrada.

Em face das considerações acima expostas e pelas informações dos métodos de neutralização ressaltadas neste trabalho, pode-se concluir que:

- o método de neutralização mais indicado pela eficiência e economia, consiste em empregar soda cáustica a 16Be, à temperatura ambiente (1).

3. Descoloração. O método químico de descoloração é evitado pelos inconvenientes, derivados de seu uso.

Dos métodos físicos, os de maior uso industrial são aqueles que empregam terras adsorventes e/o carvão ativado. Deve-se então, realizar testes experimentais, utilizando as terras adsorventes disponíveis na região, a fim de determinar os parâmetros mais adequados a cada caso particular.

4. Desceragem. No caso do óleo de farelo de arroz, a desceragem não será unicamente uma operação destinada a purificar o óleo, senão, uma operação que do ponto de vista econômico é plenamente justificada pelo alto valor comercial das ceras que êle contém. De acôrdo com o anterior, todos os métodos convencionais de desceragem (para ceras sem valor comercial) ficam desprezados e o caso aqui exposto deverá ser cuidadosamente planejado de acordo com o método de extração empregado. Pominski e colaboradores (41) apresentam um estudo da obtenção simultânea de ceras e óleo pelo método de filtração-extração que processa 100 toneladas de farelo por dia com um rendimento de 250 kg de cera por dia. No ano de 1954 o preço deste tipo de cera era de US\$ 1.20/kg (42).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acta do Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul. 1971. Relatório final sôbre a Pesquisa, visando o aproveitamento do óleo de farelo de arroz para fins comestíveis. Banco Nacional de Desenvolvimento. Rio Grande do Sul. Contrato FUNDEPRO 43, firmado com a B.N.D.E.
2. Anônimo. 1952. Rice bran yields edible oil. Chemical Engineering. 59 (10), 222.
3. Anônimo. 1966. The S.E.M. rice milling process. Food Technology. 20 (10), 1287-1288.
4. Arutjunjan, N.S. e al. 1971. Neutralizzazione di un olio di pula di rizo fortemente acido in ambiente sapo-alcalino. Maslozir Prom. 37 (7), 15-17; In: La Revista Italiana dell Sostaze Grasse, 1972, 49 (1), 55.
5. Bennett, H. 1956. Commercial Waxes. 2nd. ed. Chemical Publishing Co., Inc.
6. Bienvenido, O.J. 1966. Physicochemical data on the rice grain. The Internaticional Rice Research Institute. Technical Bulletin 6. Philippines
- 6a. Bravermam, J.B.S. 1967. Introduccion a la Bioquimica de Los Alimentos. Ediciones Omega, S.A. Barcelona.
7. Chang, Te-Tzu and Bardenas, E.A. 1965. The morphology and varietal characteristics of the rice plant. The International Rice Research Institute. Technical Bulletin 4. Philippines.

8. Cousins, E.R., Fore, S.P., Janssen, H.J. and Feuge, R.O. 1953. Rice bran oil VIII. Tank settling from crude Rice bran oil as a source of wax. J. Amer. Oil Chem. Soc. 30 (1), 9-14.
9. Da Costa, S.I. 1968. Óleo de arroz. Boletim do Centro Tropical de Pesquisas e Tecnologia de Alimentos. (13), 57-63.
10. Daniels, R. 1970. Rice and bulgur Quick-Cooking Processes. Noyes Data Corporation. USA.
11. De Castro, R.R. 1969. La refinación y propiedades del aceite de morret de arroz. Revista de Agroquímica y Tecnologia de Alimentos. 9 (1), 106-115.
12. De Castro, R.R. 1969. El aceite de morret de arroz. Grasas y Aceites 20 (3), 139-146.
- 12a. Deuel, H.J. Jr. 1951. The Lipids, Their Chemistry and Biochemistry. Interscience Publishers Ltd. Vol 1. London.
13. Don, E. e Brothwell, P. 1971. A alimentação na antiguidade. Editorial Verbo. Lisboa.
14. El-Khalafy, H.M. 1971. Refining of Egyptian rice bran oil for edible purposes. Grasas y Aceites. 22 (1), 12-19.
15. Fan-Thi-An, Arutyunyan, N.S., Kopeikovskii, V., Arisheva, E.A. and Popova, T.E. 1971. Rafinage par adsorption de l'huile de son de riz. Maslo-zir. Prom. S.S.S.R. 37 (8), 15-17; In: Oeagineux. 1971. 26 (10), 674.

16. F.A.O. 1970. Anuario de Producción 1969. Vol.23.Roma.
17. Fash, R.H. 1948. A study of the caustic refining of vegetable oils. Oil Mill Gazetteer. 52 (1), 13-21.
18. Fumatsu, M., Aizono, Y., Hayashi, K., Watanabe, M. and Eto, M. 1971. Biochemical studies on rice bran lipase. I. Purification and physical properties. Agr. Biol. Chem. 35 (5), 734-742. Chem. Abst. 1971. 75 (11), 71634u.
19. Gardner, H.K., D'Aquin, E.L., Parker, J.S. and Gastrock, E.A. 1952. Flake feeding device for solvent extraction of oil-bearing materials. Industrial and Engineering Chemistry. 44 (9), 2261-2264.
20. Graci Jr. A.V., Crovetto, A.J., Parker, J.S. and Reuther Jr., C.G. 1952. Solvent extraction of cottonseed and peanut oil. IX. Determination of fines in miscella. J. Amer. Oil Chem. Soc. 29 (2), 71-73.
21. Graci Jr. A.V., Reuther Jr. C.G., Eaves, P.H., Molaison, L.J. and Spadaro, J.J. 1953. Pilot-plant application of filtration-extraction to rice bran. J. Amer. Oil Chem. Soc. 30 (4), 139-143.
22. Grist, D.H. 1961. By- products of the rice industry. World Crops. 13 (3) 99-101.
23. Grist, D.H. 1961. By- products of the rice industry. II- Extraction of rice bran oil. World`Crops. 13 (4). 154-155.

- 23a. Hartman L., 1971. Desacidificação de óleos comestíveis sem o emprego de álcalis. Tese de doutoramento. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Tecnologia de Alimentos.
- 23b. Herzolg, A. 1972. Seminário Inter-Regional sobre Processamento Industrial do Arroz, 2<sup>a</sup> parte. Lavoura Arrozeira. Vol 25, nº 267, pp. 48-52.
24. Homrich, O.M. 1948. Estudo sobre o aproveitamento do farelo de arroz como matéria-prima em indústrias de fermentação. Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
25. Inone, H. y Noguehi, T. 1965. Decoloración del aceite de arroz. (patente japonesa) Oleagineux. 20 (4), 278. In: Grasas y Aceites. 1965. 16 (3) 162.
26. Juliano, B.O. 1966. Physicochemical data on the rice grain. Technical Bulletin 6. International Rice Research Institute. Phylippines.
27. Karnofsky, G. 1949. The mechanics of solvent extraction. J. Amer. Oil Chem. Soc. 26 (10), 570-574.
28. Kinsey, D.N. and Hunnell, J.W. 1970. Method of dewaxing rice oil (Patente) J. Amer. Oil Chem. Soc. 47 (5), 194 A.
29. Kopejkwkij, V.M. ed al. 1971. Influence des régimes de traitement hydrothermique sur l'activité des ferments du son de riz. Pisc. Tehnol. (4), 50-52. In: Révue Française des Corps kGras. 1971. 18 (12), 785.

30. Kopejkwkij, V.M. e al 1971. Influenza della temperatura di estrazione sulla composizione dell'olio da pùla di riso. Maslozir Prom. 37 (5), 10-12. In: La Rivista Italiana dell Sostanze Grasse. 1972. 49 (1), 55.
31. Lee, J.A. 1950. Salad oil from rice bran. Chemical Engineering. 57 (9), 123-125.
32. Lee, J.A. 1952. Rice bran oil-paying product. Food Engineering. 24 (12), 98-99.
33. Lynn, L. and Lawler, F.K. 1966. Revolutionizes rice milling. Food Engineering. 38 (11), 68-73.
34. Lynn, L., Steen, G.J. and Anderson, R.M. 1968. New Rice oils. Food Technology 22 (10), 1250-1252.
35. Magne, F.C., Durr, R.L. and Skau, E. L. 1963. Density-composition-temperature data for rice bran oil-commercial hexane miscella. J. Amer. Oil Chem. Soc. 30 (1), 8-9.
36. Martinenghi, G.B. 1958. Estudo para o aproveitamento do óleo de arroz ácido do comércio. Tecnologia Analítica. Boletim 17. 17-102.
37. Martinengui, G.B. 1963. Tecnologia Chimica industriale degli oli, grassi e derivati. 3a. ed. Editore Verico Holpli. Milano.
38. Matz, S.A. 1969. Cereal Science. The A.V.I. Publishing Company, Inc.

39. Matz, S.A. 1970. Rice processing. In: Cereal Technology. The A.V.I. Publishing Company, Inc.
40. Mickus, R.R. 1955. Advanced design spurs oil yield. Food Engineering. 27 (3), 80-83, 191.
41. Pominski, J., Eaves, P.H., VIX, H.L.E. and Gastrock, E. A. 1954. Simultaneous recovery of wax and oil from rice bran by filtration-extraction. J.Amer. Oil Chem. Soc. 31 (11), 451-455.
42. Pominski, J., Decossas, K.M., Eaves, P.H., VIX, H. L. E. and Pollad, E.F. 1955. Preliminary cost study of rice wax filtration-extraction. Industrial and Engineering Chemistry. 47 (10), 2109-2111.
43. Ponte, F.F. 1968. Inactivação da lipase do farelo de arroz. Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul. Se parata nº 12. Porto Alegre.
44. Rao, B.P., Ahmed, S.A. and Rao, T. 1967. Factors af fecting the free fatty acid in rice bran. Indian Oil Soap J. 32 (7), 203-210. In: Oleagineux. 1967. 22 (12), 785.
45. Rao, C.S. and Narendrakumar, S. 1971. Extraction of rice bran oil. Indian Chem J. 5 (1), 28-31. Chem·Abst·1971, 75 (17) 117183B.
46. Rao, K. V., Rao, B.P., Moha, N.R., Somayajulu, B.A.R. and Rao, S.D.T. 1967. Prôcedê pour le blanchiment de l'hui le de son de riz brute. Seifen ole fette Wachse. 93

- (26), 970-972. In: Revue Française des Corps Gras. 1968. 15 (2), 112.
47. Rao, S.D.T., Rao, D.M. and Murti, K.S. 1966. Studies on the Indian rice bran oil. V. Hydraulic pressing of rice bran. Oils and Oilseeds J., India. 19 (2), 4-8. In: Oleagineux. 1967. 22 (3), 204.
48. Reddi, P.B.V., Murti, K.S. and Feuge, R.O. 1948. Rice bran oil. I. oil obtained by solvent extraction. J. Amer. Oil Chem. Soc. 25 (6), 206-211.
49. Rodriguez, M. y Freire, F. 1952. Estudio sobre el aceite del polvillo de arroz. Agronomia 17 (70), 139-143. (Perú).
50. Rohr, R. 1971. Tecnologia de óleos vegetais e de seus sub-produtos protéicos. Síntese das aulas do curso de Pós-Graduação da Faculdade de Tecnologia de Alimentos patrocinado pela Organização dos Estados Americanos O.E.A. Campinas.
51. Shearon Jr. W.H. 1949. Rice and the chemical laboratory. Chemical and Engineering News. 27 (5), 3278-3279.
52. Spadaro, J.J., Graci, A.V., Garner, H.K. Parker J.S. and Laborde, E.J. 1951. Pre-pilot plant investigation of a solvent-extraction method for cotton seed based on reduced-pressure filtration. Oil Mill Gazetteer. 56 (7), 77-81.
53. Swift, C.E., Fore, S.P. and Dollear, F.G. 1950. Rice bran

- oil. V. The stability and processing characteristics of some rice bran oils. J. Amer. Oil Chem. Soc. 27 (1), 14-16.
54. Togliani, F. 1959. I grassi della pula di riso. 1<sup>a</sup> parte. Il Riso. 8 (12), 8-11.
55. Togliani, F. 1960. I grassi della pulla di riso. 2<sup>a</sup> parte. Il Riso. 9 (1), 14-16.
56. Vasconcellos, João de Carvalho, E. 1946. Origem do arroz. Comissão reguladora do Comércio de arroz. Lisboa.
57. Vaughau, J.G. 1970. The structure and utilization of oil seeds. Chapman and Hall Ltda. Londón.
- 57.a Weiss, T. J. 1970. Food oils and their uses. The A.V.I. Publishing Company, Inc. U.S.A.
58. Willian, M. and Baer, S. 1965. The expansion and extraction of rice bran. J. Amer. Oil Chem. Soc. 42 (2), 151-155.

Datilografado e Impresso na  
Fundação Centro Tropical de Pesquisas e Tecnologia de Alimentos  
Rua Dr. Pelágio Lobo, 63 - Telefones - 87822 e 26825  
Campinas - São Paulo - Brasil 1972