

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Arroz e Feijão
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

A Cultura do Arroz no Brasil

*2ª Edição
Revisada e ampliada*

Alberto Baêta dos Santos
Luís Fernando Stone
Noris Regina de Almeida Vieira
Editores Técnicos

*Embrapa Arroz e Feijão
Santo Antônio de Goiás, GO
2006*

Exemplares desta publicação devem ser solicitados à:

Embrapa Arroz e Feijão

Rod. GO 462, Km 12
Caixa Postal 179
CEP 75375-000 Santo Antônio de Goiás , GO
Fone: (62) 3533-2110
Fax: (62) 3533-2100
sac@cnpaf.embrapa.br
www@cnpaf.embrapa.br

Embrapa Informação Tecnológica

Parque Estação Biológica (PqEB), Av. W3 Norte (final)
Fone: (61) 3340-9999
Fax: (61) 3340-2753
CEP 70770-901 - Brasília, DF
vendas@sct.embrapa.br
www.sct.embrapa.br

Supervisor Editorial: *Marina A. Souza de Oliveira*

Revisor de Texto: *Noris Regina de Almeida Vieira*

Normalização Bibliográfica: *Ana Lúcia Delalibera de Faria*

Tratamento das Ilustrações: *Sebastião José de Araújo e Fabiano Severino*

Editoração Eletrônica: *Fabiano Severino*

1ª edição

1ª impressão (1999): 1.000 exemplares

2ª edição

1ª impressão (2006): 2.000 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Arroz e Feijão

A cultura do arroz no Brasil / editores, Alberto Baêta dos Santos, Luís Fernando Stone, Noris Regina de Almeida Vieira. - 2. ed. rev. ampl. - Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 1000 p. : il. ; 23 cm.

ISBN 85-7437-030-4

1. Arroz - Produção. 2. Arroz - Tecnologia. 3. Arroz - Pesquisa. I. Santos, Alberto Baêta dos, *ed.* II. Stone, Luís Fernando, *ed.* III. Vieira, Noris Regina de Almeida, *ed.* IV. Embrapa Arroz e Feijão.

CDD 633.18 (21. ed.)

© Embrapa 2006

Aproveitamento Industrial

José Luiz Viana de Carvalho; Priscila Zaczuk Bassinello

RESUMO - A oferta de produtos à base de arroz, bem como o aproveitamento dos subprodutos do seu beneficiamento no Brasil ainda é incipiente e pouco diversificada, com algumas exceções. Alguns subprodutos, como a casca e o farelo, ainda continuam sendo vistos como sinônimos de poluição ambiental e a solução mais criativa aplicada aos subprodutos do arroz refere-se à utilização da casca, por meio da queima para geração de energia. O farelo, apesar de seu elevado conteúdo protéico e vitamínico, é quase totalmente empregado em formulações para alimentação animal, enquanto o arroz quebrado é usado como coadjuvante em cervejarias ou em rações. Tal situação tende a modificar-se no sentido de viabilizar o uso do farelo na alimentação humana, não só pelo seu aproveitamento na indústria de extração do óleo, como também pela utilização direta do farelo estabilizado. Da mesma forma, as opções de aproveitamento do arroz quebrado parecem bastante promissoras para a produção de farinhas, *snacks*, cereais matinais ou como fonte de amido de alta qualidade e concentrados protéicos. Para a casca, abrem-se novas oportunidades para o aproveitamento das cinzas resultantes de sua combustão, utilizando, principalmente, a relação de carbono e sílica, em função da intensidade da queima empregada.

INTRODUÇÃO

Para consumo humano, o arroz tem sido tradicionalmente utilizado como o produto final do beneficiamento, sendo suas principais formas o arroz branco polido e o arroz parboilizado. O consumo de arroz integral, parboilizado ou não, é insignificante se comparado aos demais.

A utilização do arroz sob a forma industrializada está diretamente ligada ao poder aquisitivo da população. Em países do primeiro mundo, o arroz tem sido transformado em diversos produtos prontos, de preparo rápido e/ou instantâneo, aos quais são agregados valores geralmente inacessíveis ao poder de compra da maioria da população mundial consumidora de arroz, inclusive a do Brasil.

Como subprodutos do beneficiamento e processamento do arroz em casca, resultam o arroz quebrado, a casca e o farelo, muito pouco utilizados, tanto na agroindústria alimentar como na não-alimentar.



A necessidade de um melhor entendimento sobre os benefícios nutricionais do arroz, de suas propriedades funcionais e qualidades sensoriais, é fundamental para o desenvolvimento de aplicações de valor agregado, formulação, modificação e avaliação. Isso vale para o arroz, seus componentes e subprodutos.

Em nível mundial podem ser citados diversos exemplos de usos industriais do arroz: o desenvolvimento do “Novel”, um amido modificado, hipoglicêmico que digere 50% a mais que farinha de arroz não tratada como determinado *in vitro*, indicado para bebidas esportivas e bebidas para diabéticos, ótimo substituto de gorduras em margarinas, *whip cream*, *sour cream*, *pastries*; o *Quick-cooking rice*, que é arroz de cozimento rápido através de processo físico, que reduz o tempo de cocção de um arroz integral, 40 - 50 min., ao de um arroz branco, 20 min.; a *Rice-Based Fries*, um produto extrusado, usando arroz quebrado e farelo, que apresenta o interior macio, a superfície crocante absorve 25 - 50% menos gordura em comparação à batata frita; a *Rice Batter*, uma farinha para empanados com excelente aderência e propriedades de fritura com baixa absorção de óleo (frango frito com esta farinha absorve 60% menos de óleo); *Low oil-uptake donuts*, massa para *doughnuts* feita à base de uma mistura de arroz e trigo, com capacidade de absorção de óleo 70% mais baixa que a massa convencional; isolado protéico com teor acima de 90% de proteína, subproduto do processamento de xarope de arroz, que contém alto valor agregado além de ser nutritivo e hipoalergênico; peptídeos funcionais extraídos de farelo de arroz, que são proteínas limitadas, porém, quando hidrolizadas enzimaticamente, aumentam sua solubilidade e atividade emulsificante; amido fosforilado por extrusão, num processo simples e barato, com 0,36 - 0,37% de fósforo, de grande utilização em alimentos com ótimas propriedades para uso em congelados, proporcionando grande consistência e estabilidade em massas alimentícias; o *Pest Terminator* para utilização no controle biológico onde se incorpora um fungo à matriz de farinha de arroz para combate de certas pragas; o carvão ativado, utilizando palha e casca de arroz, capaz de absorver metais de mananciais de água e também utilizado na clarificação de açúcar refinado.

Essas formas de utilização evidenciam o amplo potencial ainda inexplorado pela indústria de transformação do arroz no país. Neste capítulo, são discutidas algumas alternativas para uso do produto arroz, para fins alimentícios ou não, bem como a atual situação brasileira nesse sentido.



UTILIZAÇÕES NÃO-CONVENCIONAIS DO ARROZ

Amido

No Brasil, os fragmentos de grão com tamanho inferior a 3/4 do grão inteiro, grãos quebrados e a quirera, são subprodutos do beneficiamento que apresentam baixo valor agregado, com valor de mercado cerca de 20% do preço pago ao arroz inteiro. Tradicionalmente, esses subprodutos são usados em rações para alimentação de animais ou como coadjuvantes em cervejarias, no processo de fermentação. As principais potencialidades do uso do arroz quebrado são apresentadas na Fig. 24.1.

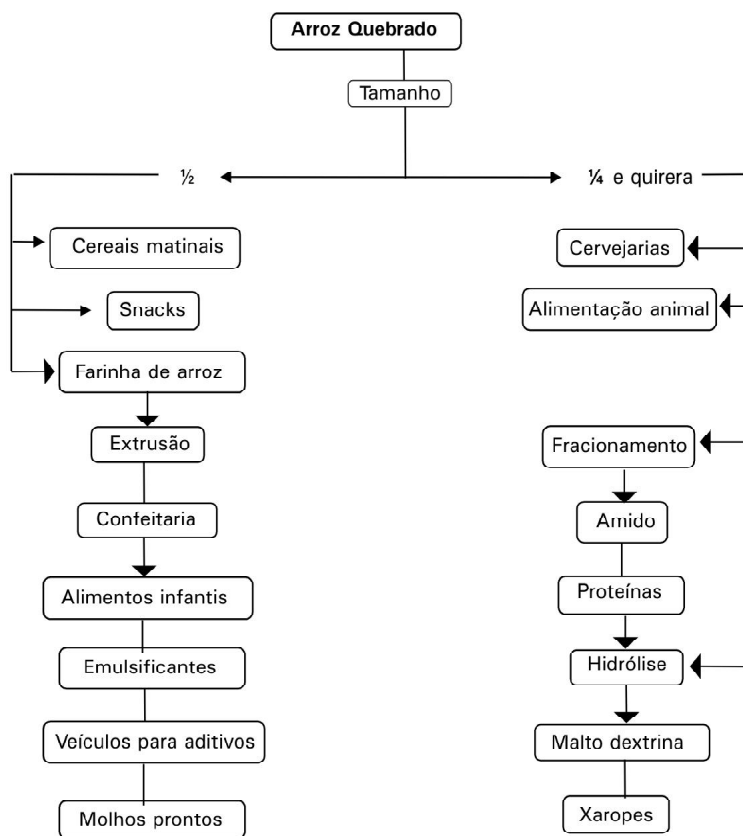


Fig. 24.1. Potencialidades de uso do arroz quebrado.

O percentual de grãos quebrados a partir do beneficiamento é variável em função de diversos fatores, como a cultivar utilizada, o sistema



de cultivo, a época de colheita, o teor de umidade do produto ou o tipo de processamento utilizado. Em média, cerca de 20% do arroz beneficiado no país resulta em arroz quebrado, e o seu aproveitamento como fonte de amido certamente agregará valor comercial a esse subproduto.

Para que o amido seja considerado puro, é necessário que o seu conteúdo de gordura e proteína seja inferior a 0,5%. Devem também ser considerados o seu peso molecular, o tamanho do grânulo, sua temperatura de gelatinização e suas características viscoamilográficas (Starch..., 1993). Esse perfil pode ser caracterizado analiticamente com facilidade e viabilizar o desenvolvimento de um processo que garanta a extração do amido puro.

Na Índia, a disponibilidade de milho para a indústria de amido está diminuindo a cada dia, especialmente devido à crescente demanda de indústrias envolvidas com a produção de cereais matinais e *snacks*. O arroz quebrado, que é mais barato que o milho e muito abundante, pode ser uma alternativa à produção de amido (Sodhi & Singh, 2003). Amidos de arroz com menor teor de amilose apresentam maior poder de gelatinização. O conteúdo de amilose em arroz varia com o tamanho do grânulo de amido. Quanto maior o grânulo, maior o teor de amilose. Grânulos maiores de amido com elevado conteúdo de amilose apresentaram maior tendência a retrogradação (Sodhi & Singh, 2003).

Embora nos Estados Unidos o uso de arroz como ingrediente em produtos como géis, pudins, sorvetes, alimentos infantis, entre outros, tenha sido incrementado devido ao seu valor nutricional, características hipoalergênicas, brancura e quase ausência de sabor, o amido e a proteína de arroz, que representam, aproximadamente, 80 e 8% do grão, respectivamente, têm sua produção e marketing ainda em fase inicial. A produção global de amido de arroz, se comparada com outras fontes amiláceas, é praticamente insignificante. Talvez a causa principal seja o alto custo de sua produção o qual, quando comparado ao amido de milho, é quatro vezes maior (Champagne, 1996).

Embora o amido de arroz tenha características próprias que o distinguem de outras fontes, o desenvolvimento de produtos de valor agregado ainda requer conhecimento de sua estrutura e funcionalidade (Champagne, 1996).

Como uma das características favoráveis à utilização do amido de arroz, destaca-se o fato de ser um produto não alergênico, uma vez que não se tem conhecimento de reações adversas causadas pelo seu



consumo ou manuseio. Por isso, o amido de arroz tem sido recomendado na dieta de pessoas portadoras da doença celíaca, que se caracteriza pela intolerância do organismo à ingestão de glúten. Ademais, o amido de arroz apresenta baixo índice glicêmico, ou seja, causa pequeno aumento do teor de glicose no sangue após a ingestão, o que o torna um importante componente no balanceamento das refeições (French & Smith, 1993).

Devido ao seu sabor suave, o amido de arroz pode ser adicionado a doces de confeitaria e em bebidas à base de leite. Sua cor, intensamente branca, também pode ser considerada como um fator de qualidade tecnológica, favorecendo sua utilização em produtos onde se deseja preservar a cor original. Por sua vez, o reduzido tamanho de seus grânulos, 2 - 10 μ m, facilita a homogeneização com partículas pequenas, a exemplo de glóbulos de gordura (French & Smith, 1993).

O amido de arroz possui estabilidade ao congelamento e descongelamento, não havendo necessidade de modificação prévia, como acontece com amidos provenientes de outras fontes, tornando-se de grande utilidade em produtos alimentícios congelados. Por ser também resistente a modificações provocadas por ácidos, é recomendada sua utilização em produtos de alta acidez, ou em condições de processamento envolvendo meios ácidos.

Em arroz, as variações das frações do amido, ou seja, amilose e amilopectina, encontram-se normalmente entre 0% e 40% de amilose, complementada pela sua fração correspondente de amilopectina. Em função dessa ampla faixa de variação, o amido do arroz apresenta uma série de composições que o torna adequado a aplicações industriais bastante diversificadas.

O amido do arroz pode passar pelo processo de cozimento, visando à pré-gelatinização, ou ser modificado quimicamente para produção de um amido diferenciado, com amplas possibilidades de utilização, dependendo do tipo de modificação química utilizada (French & Smith, 1993). O seu aproveitamento em cereais matinais melhora a textura e a expansão do produto final, sendo também um substituto natural e de baixo custo para o uso de gorduras em *snacks* (Sheng, 1995).

Essas características, consideradas em conjunto ou isoladamente, evidenciam o potencial que o amido de arroz representa para os segmentos envolvidos com o processamento industrial de alimentos, especialmente quando se considera a tendência mundial de



utilizarem-se matérias primas abundantes, de baixo custo e de processamento rápido.

Comercialmente o amido de arroz é fino, branco, com aplicações potenciais em alimentos infantis, cosméticos, papéis, coberturas em confeitaria e, em produtos farmacêuticos, como excipiente.

Em sua forma gelatinizada, tem um sabor suave, é macio e de cor levemente creme. Como seus grânulos são aproximadamente do mesmo tamanho, com homogêneos glóbulos de gordura, eles podem ser trabalhados tão bem quanto a gordura de forma mimética. Amido de arroz é não alergênico e tem baixo índice glicêmico e está se tornando muito popular como um agente de textura por ser macio e de alta estabilidade, além de possuir pouco *flavor*, o que é muito importante em produtos onde o isso é fator limitante (Champagne, 1996).

As características funcionais do amido de arroz são dependentes da proporção amilose/amilopectina e da quantidade e tipo de proteína associada ao amido. Condições ambientais durante o desenvolvimento da planta, tais como fertilidade do solo, época de plantio, horas de luminosidade e temperatura influenciam na estrutura do amido e em sua funcionalidade. A forte associação das proteínas ao amido de arroz torna difícil a obtenção de amido de arroz com teores menores que 0,5% de proteína (Champagne, 1996).

A diferença entre amido ceroso de arroz e amido normal está na estrutura do gel e na temperatura de estabilidade desse gel. Essas características são mais importantes que a viscosidade, que pode ser ajustada com inulina e hidrocolóides, compatíveis com amido de arroz. A estabilidade ao congelamento do amido de arroz ceroso torna-o prático para uso em sobremesas congeladas, bem como em molhos de comidas congeladas. A desvantagem é a necessidade 10 - 12% maior de amido ceroso para obter a mesma viscosidade obtida por um amido não ceroso. A indústria do amido de arroz recentemente passou de sua primeira geração, amidos não modificados, para a segunda geração de produtos, com amidos modificados, xaropes e maltodextrinas (Champagne, 1996).

Para que a indústria do amido de arroz obtenha o sucesso desejado, é necessário acumular um grande conhecimento das relações de estrutura e funções do amido após sua extração e identificar requerimentos específicos dos produtos que podem ser obtidos com o seu uso, desenvolvendo novas tecnologias que convertam amido de arroz em produtos com alto valor agregado e de forte demanda.



Farinha de arroz quebrado

O cozimento do arroz quebrado pode ser por extrusão, vapor, ou pressão, sendo o produto cozido posteriormente secado e moído para obtenção de diferentes tipos de farinha de arroz pré-gelatinizadas. O grau de gelatinização da farinha de arroz, obtido em função da temperatura do processo de cocção, determinará sua aplicabilidade industrial (Kohlwey et al., 1995; Sheng, 1995).

O teor de amilose é uma característica importante a ser considerada na confecção de farinhas à base de arroz. *Crackers* de arroz são produtos tipicamente japoneses, com aroma e sabor estranhos ao nosso paladar. Quando produzidos com arroz ceroso ou glutinoso, 0 - 2% de amilose, possuem uma textura leve e crocante, dissolvendo-se na boca. Se, por sua vez, o arroz utilizado possuir alto teor de amilose, o produto torna-se duro, não apresentando a mesma textura delicada (Sheng, 1995).

Outros produtos de origem oriental muito comuns são os *noodles*, feitos com arroz de teor de amilose intermediário ou alto, em que o processo tradicional passa por formação da massa de arroz envelhecido, aquecimento com vapor, extrusão, descanso por uma noite, nova extrusão para dar a forma final, cozimento em água fervente ou vapor e secagem ao ar. Esse produto apresenta textura levemente adesiva (Kohlwey et al., 1995).

Farinhas obtidas a partir de arroz com conteúdo de amilose entre 20 e 25% aumentam a crocância em *snacks* fritos ou assados. Esses produtos que, preferencialmente, têm sido produzidos com farinha de trigo ou milho, apresentam-se como mais um potencial de aproveitamento da farinha de arroz, como um sucedâneo ao trigo ou milho. Farinhas de arroz ceroso produzem *snacks* de consistência mais macia, que desmancham na boca. Esse tipo de textura é obtida, geralmente, com o uso de gorduras, com o objetivo adicional de diminuir a quebra durante o empacotamento e transporte.

Em misturas com outras farinhas, o aroma suave da farinha de arroz não interfere nos outros aromas. Além dessas vantagens, *snacks* feitos com 100% de farinha de arroz absorvem 20 a 30% menos óleo durante a fritura. De maneira geral, tanto em produtos fritos como em assados, a adição de farinha de arroz diminui o escurecimento, podendo ajustar-se o seu teor na mistura de forma a atingir a coloração ideal no produto acabado (Sheng, 1995).



Em cereais matinais, além de melhorar a textura e a expansão do produto, a farinha de arroz proporciona a melhoria do *bowel life*, isto é, o tempo que o cereal leva para amolecer quando embebido em leite, como também contribui para diminuir a quebra do produto final.

Para a confecção de produtos com textura semelhante à de bolos, a utilização da farinha de arroz, pré-gelatinizada ou não, melhora as condições de formação de bolhas de ar necessárias à expansão de volume e atingimento da textura desejada (Sheng, 1995). Pães e bolos feitos com farinha de arroz têm despertado crescente interesse, principalmente em portadores de doença celíaca, que necessitam dieta isenta de glúten. A ausência do glúten na farinha de arroz demanda a utilização de uma goma como coadjuvante da panificação, que proverá a massa de viscosidade necessária e reterá o gás durante a fermentação e o assamento do pão. Para que o produto final não fique duro, utiliza-se um umidificante na formulação (Kohlwey et al., 1995).

Em todo o mundo, tem sido despertado interesse crescente sobre a importância das propriedades funcionais da farinha de arroz em produtos acabados, acumulando-se um expressivo nível de conhecimento sobre o assunto. Esse produto constitui importante fonte natural, com considerável amplitude de aplicações na indústria de alimentos e tem sido utilizado, com sucesso, como ingrediente chave em diversos produtos de grande aceitação comercial.

Proteína de farinha de arroz quebrado

Outro derivado que pode tornar-se de grande importância econômica e nutricional é a proteína oriunda do endosperma do arroz quebrado, usado para a confecção de farinha. Sua obtenção é conduzida por dois métodos: como subproduto da extração do amido, empregando-se tratamento alcalino para sua solubilização; ou como subproduto do método de hidrólise do amido, por processo enzimático ou hidrólise ácida (Mitchell & Shih, 1993).

É de conhecimento geral que a proteína do arroz é hipoalergênica e saudável para o consumo humano. Pelo processo de extração alcalina seguida de precipitação pela regulação do pH ao seu ponto isoelétrico, podemos obter uma proteína relativamente pura da farinha de arroz. Para fins alimentícios, a proteína é normalmente isolada da farinha de arroz pela eliminação enzimática de componentes não proteicos. Dependendo de certos fatores, tais como a cultivar e o grau de polimento



do arroz, o teor de proteína após esse tratamento varia de 65 - 90% (Shih & Daigle, 2000).

O concentrado protéico de arroz contém normalmente de 35-80% de proteína. Embora não seja definido tecnicamente, o isolado protéico de arroz deve conter, no mínimo, 90% de proteína. Normalmente esses concentrados e isolados tem um preço maior, se comparados a outros concentrados vegetais, principalmente àqueles oriundos da soja. Por ser de alto custo, o mais viável é trabalhar com material proveniente da produção de xarope de arroz, que já vem com cerca de 50% de proteína e facilita o processamento na obtenção de isolados (Hall, 1996; Shih & Daigle, 2000).

A proteína do arroz consiste de quatro componentes com diferentes solubilidades: albumina (5%), solúvel em água; globulina (12%), solúvel em soluções salinas; glutelina (80%), solúvel em álcali; e prolamina (3%), solúvel em álcool (Ju et al., 2001).

O concentrado protéico de arroz tem vantagens como ingrediente de produtos alimentícios por ser de bom valor nutricional e hipoalergênico, embora sua baixa solubilidade em água o faça pouco utilizado, se comparado com os concentrados provenientes da soja. Uma forma de resolver esse problema seria a combinação desse concentrado protéico com polissacarídeos como os alginatos e *pullulan* (Shih, 1996).

A proteína do endosperma do arroz pode ser utilizada para enriquecer produtos alimentícios à base de arroz, como pães, bebidas e *snacks*, ou ser misturada à proteína de soja no sentido de otimizar o perfil de aminoácidos de proteínas vegetais texturizadas. Sua principal vantagem na alimentação humana, em relação a outras fontes protéicas da mesma natureza, como a proteína de soja, consiste no fato de não causar flatulência (Mitchell & Shih, 1993). Da mesma forma que a farinha, a proteína do endosperma do arroz apresenta-se como alternativa alimentar para pessoas com doença celíaca, alérgicas a glúten. Para fins não alimentícios, pode ser empregada na indústria de cosméticos, filmes, plásticos e adesivos (Skerrit et al., 1990).

Para que a indústria de proteína de arroz obtenha êxito, é necessário: o desenvolvimento de alternativas tecnológicas para a moagem úmida na produção de amido de arroz; pesquisa em proteína geneticamente modificada que diminua a sua aderência aos grânulos de amido; e a busca por nichos de mercado para pessoas que possuem alergias a outras fontes de proteínas. Quanto maior o conhecimento e o



nível de atendimento a esses requerimentos, tanto mais aceitação esses produtos formulados terão.

Farelo de arroz

O farelo, um dos subprodutos resultantes do beneficiamento do arroz, representa 8% do grão em casca e consiste da camada superficial do grão integral, sendo obtido a partir do polimento do grão para obtenção do arroz branco. Na composição do farelo, encontram-se teores variáveis de amido proveniente do endosperma, como também resíduos da casca e de fragmentos de grão, devido ao processo de descasque e polimento do produto. Em um farelo de boa qualidade, esses contaminantes são indesejáveis e devem ser evitados, tanto quanto possível. O farelo de arroz é uma excelente fonte de vitaminas, minerais, proteínas e óleo (Saunders, 1990).

A América Latina e o Caribe produzem, em conjunto, cerca de 1,5 milhão de toneladas de farelo de arroz. Esta cifra pressupõe que, com as cultivares de arroz usualmente empregadas nestas regiões, poderiam ser produzidos, anualmente, mais de 225 mil toneladas de óleo cru comestível, 11 mil toneladas de cera, 6,7 mil toneladas de orizanol, 6,3 mil toneladas de fitina e 1,2 milhão de toneladas de ração, com alto nível protéico (Castillo et al., 1996).

Em 1994, a disponibilidade de farelo de arroz atingiu o valor de 338.454 toneladas que, após a extração de óleo, foi destinado à ração animal. Nessas condições, ainda pode representar uma boa fonte de fibras e proteínas, porém seu uso para consumo humano é pouco freqüente (Salcedo et al., 1998). O farelo representa, além de fonte de amido e proteínas, cerca de 254 e 143 g de matéria seca (MS) kg^{-1} , respectivamente, um aporte em gordura, 180 g MS kg^{-1} , e fósforo, 12,7 g MS kg^{-1} . A proteína é considerada de qualidade moderada, já que os teores de lisina, metionina e histidina, respectivamente, 4,5, 2 e 2,5 g 16 g⁻¹ de N, apresentam-se inferiores aos da proteína do leite. Dos aproximados 160,7 g kg^{-1} de MS dos ácidos graxos do óleo, 77% são insaturados, oléico, linoléico e linolênico. No produto sem gordura, as concentrações de proteína, amido, enxofre e fibra em detergente neutro são maiores (Cárdenas et al., 1996).

Apesar de atualmente se conhecer mais dos valiosos componentes e frações contidos no farelo, pouco valor agregado é obtido dele. Como poderíamos mudar essa situação?



Primeiramente através do desenvolvimento de novos produtos, ou de um marketing mais agressivo e, sem dúvida, da pesquisa contínua. Hoje, por meio de recentes pesquisas, tem-se um grande entendimento da sua composição e dos benefícios que traz à saúde, também do desenvolvimento de novos métodos de processamento, e conseqüentemente, novas aplicações tecnológicas.

A biotecnologia, aliada à biologia molecular, mostrou uma nova metodologia de pesquisa, possibilitando, além da identificação de uma característica fenotípica desejável, relacioná-la de forma precisa com o material genético responsável por essa característica. A técnica do DNA recombinante, associada a outras de transformação vegetal, tornou possível modificar a composição química de plantas, ou seja, alterar o teor de lipídeos, carboidratos e proteínas, o que jamais se pensaria alcançar com o melhoramento genético convencional. No desenvolvimento de novas cultivares, poderíamos procurar novos materiais com altos teores de fitoquímicos, modificar a relação desses componentes, aumentar sua biodisponibilidade e atuar na sua transformação genética.

Benefícios à saúde

Entre os principais benefícios do uso do farelo à saúde, temos: o teor de fibra dietética, favorecendo as funções do trato intestinal e também prevenindo o câncer de colon; a fibra e o óleo atuando na diminuição dos riscos de doenças cardíacas, pela comprovação da diminuição do mau colesterol (LDL) em estudos com humanos e animais; a presença de insaponificáveis na fração bioativa.

A fração insaponificável contém muitos fitoquímicos como os tocoferóis e tocotrienóis e a fração g-orizanol. Os tocotrienóis previnem o efeito nocivo dos raios UV na pele, suprimem o crescimento de células cancerosas no seio e diminuem o risco de doenças cardíacas. Reduzem o colesterol total, e são um potente antioxidante, possuindo ainda alta biodisponibilidade. A fração g-orizanol possui atividade anti-tumor e aumenta a fração sérica do soro.

Esses resultados explicam o porquê de óleos de farelo de arroz possuírem propriedades antiaterogênicas (Xu et al., 2001). Os componentes do farelo, tais como o orizanol e sitosterol, diminuíram a fração LDL do plasma em hamsters (Yokoyama, 2001). Foi estudado o efeito sinérgico entre a fração rica em tocotrienol mais alovastatina na diminuição do colesterol total, da fração LDL e na relação



HDL/LDL em humanos. Para todos os parâmetros os resultados foram significativos de forma favorável, ou seja, diminuiu o colesterol total, diminuiu a fração LDL e aumentou a relação HDL/LDL (Qureshi et al., 2001).

Resumidamente, estudos *in-vivo* e *in-vitro* evidenciam que fitoquímicos provenientes do farelo de arroz diminuem riscos de doenças cardíacas por diferentes mecanismos. Estas funções possuem dosagem e efeitos sinérgicos. Porém, para alegações voltadas à saúde ainda são necessários maiores estudos.

Estudos do efeito do processamento sobre o farelo mostraram que no polimento, em três passagens, os maiores teores de tocoferol e tocotrienol estavam no farelo coletado na segunda passagem e não sofreram efeito do calor na estabilização do farelo. Quanto ao g-*orizanol*, o maior teor estava no farelo coletado na primeira passagem e na estabilização por vapor, sofrendo uma perda de 26% em seu teor (Lloyd et al., 2000).

Como resultado desses trabalhos, já foram aprovados pelo *Food and Drug Administration* (FDA), e encontram-se disponíveis no mercado, alguns produtos que utilizam essas propriedades. Recentemente o FDA aprovou: uma margarina (BENECOL) com fitoesterol, com a alegação de reduzir o risco de doenças cardíacas; o Equi Jewel, cápsulas de gama *orizanol*; e um peletizado à base de farelo de arroz estabilizado para alimentação de equinos chamado de "Moorglo".

Estudos demonstram que a associação de proteínas de plasma, com boas propriedades funcionais, e os polissacarídeos do farelo de arroz poderia ser efetuada em condições adequadas que propiciem a formação de géis estáveis sem a necessidade de adição de geleificantes (Salcedo et al., 1998). Estudos anteriores confirmaram as boas características funcionais e valor nutricional do farelo de arroz desengordurado adsorvido ao plasma bovino (Badiale-Furlong et al., 1995).

Um outro aproveitamento do farelo de arroz desengordurado e o plasma bovino, ambos subprodutos da agroindústria, é na formulação de um biscoito de aveia caseiro, rico em fibras e proteínas (Gonçalves et al., 1997). Esta pesquisa visava a gerar um produto de consumo humano de baixo custo e com maior valor nutricional, justificando-se uma vez que o biscoito é um item alimentício de larga aceitação (Carvalho et al., 1996) e gerou, segundo censo industrial, cerca de 277 milhões de



dólares, equiparando-se ao mercado das massas alimentícias. O conteúdo de fibra do biscoito elaborado indicou que o farelo de arroz desengordurado é uma fonte de fibra alimentar que contribui com teores altos dessa fração, principalmente a insolúvel, o que torna esse subproduto apto para a fabricação de biscoitos, pois, segundo Vratana & Zabik, citados por Carvalho et al. (1996), estes são bons veículos para a utilização de materiais que contêm fibra (Gonçalves et al., 1997). O alto teor calórico encontrado nesses biscoitos estavam de acordo com os valores recomendados na época para os alimentos do Programa de Complementação Alimentar da extinta Legião Brasileira de Assistência, que atendia até 1995 a grupos vulneráveis da população, com um consumo calórico de 400 kcal por 100 g de produto (Gonçalves et al., 1997).

Cultivares podem ser produzidas com a composição mineral do farelo alterada de acordo com o interesse (Grusak, 2002).

Os componentes fenólicos livres, que no arroz variam de 6.0 – 90.9 mg g⁻¹, devem ser estudados para avaliar sua potencialidade como anticarcinogênicos, antiaterogênicos, antimicrobianos e antioxidantes (Goffman & Bergman, 2002).

Hoje, o farelo de arroz é utilizado como ingrediente em alimentos, aditivos em panificação, em misturas de farinhas, como alimentação animal e como fonte de óleo. É usado em misturas de farinhas de arroz com farelo de arroz estabilizado para o uso em produtos de panificação, em *snacks* extrusados, em cereais prontos para consumo, alimentos infantis, em granolas, barras de cereais e coberturas em panificação.

Os fatores do farelo que contribuem na diminuição do colesterol são o orizanol, tocotrienol, beta sitosterol, hemicelulose, beta glucan, proteína e óleos graxos insaturados.

Já existem tecnologias disponíveis para a produção de farelo de alta qualidade, não sendo, no entanto, economicamente viáveis para a maioria dos países em desenvolvimento. Mais da metade das vitaminas e de fibras da dieta, bem como grande parte das proteínas e minerais associados ao arroz, encontram-se nas camadas que constituem o farelo. A literatura indica, contudo, que a presença de fatores antinutricionais, como os fitatos termoestáveis presentes na composição do farelo, retêm certos minerais, especialmente o ferro, impedindo sua absorção pelo organismo (Rice..., 1992).



Aliados às características de qualidade, outros fatores que colocam o farelo como matéria-prima com amplo potencial de utilização são a sua abundância e o baixo preço, especialmente quando se considera que, para atender aos requerimentos exigidos para seu aproveitamento, não são necessárias grandes modificações nas tecnologias já existentes para a transformação de subprodutos similares.

As principais potencialidades de aproveitamento do farelo de arroz estão representadas na Fig. 24.2. Além de um percentual insignificante da produção brasileira de farelo que vem sendo usado para extração de óleo comestível, o farelo do arroz tem sido, em sua quase totalidade, aproveitado como aditivo em rações animais, como adubo, ou simplesmente descartado como detrito não aproveitável.

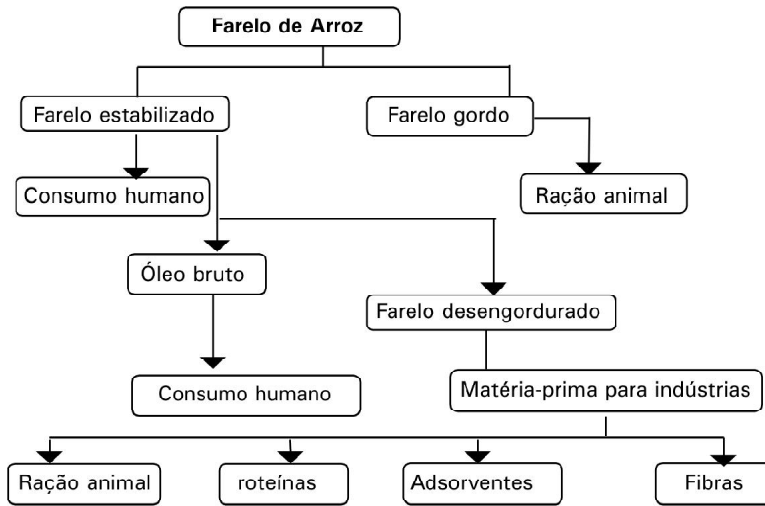


Fig. 24.2. Principais formas de aproveitamento do farelo de arroz.

Estabilização

Os problemas envolvidos no armazenamento e conservação do farelo de arroz, bem como do arroz integral, superam as vantagens apresentadas pelo consumo desses produtos e, com raras exceções, nem o arroz integral, nem o farelo são incluídos na dieta alimentar das populações de países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, onde se concentra a maior parte do arroz produzido no mundo (Juliano, 1972; Rice..., 1992). O arroz integral apresenta problemas de conservação, se os grãos não estiverem completamente intactos após o



descascamento. Frequentemente, a superfície do grão é danificada durante o processo e, rapidamente, por atividade enzimática, o óleo presente nas camadas externas do grão começa a ser degradado, o que passa a comprometer a sua utilização para consumo. O farelo está sujeito ao mesmo tipo de deterioração, em ritmo bem mais acelerado. Além desse grave problema, a presença de contaminantes, especialmente resíduos de casca, pode tornar o farelo inadequado ao consumo e, principalmente, pode inviabilizar sua utilização para extração de óleo (Yokochi, 1974).

Como já referido, o principal problema para o aproveitamento do farelo de arroz, é a deterioração a que está sujeito logo após a sua obtenção, em função da rápida degradação dos lipídios e a elevação da acidez. Está presente no farelo uma potente enzima denominada lipase, que necessita ser inativada rapidamente para torná-lo estável e adequado à alimentação. Caso o processo de estabilização não aconteça, o farelo sofrerá oxidação e tornar-se-á impróprio ao consumo como alimento.

O método tradicional para a estabilização do farelo é a extrusão termoplástica que, pela ação do calor, 125 - 135°C durante 1 a 3 segundos e com o produto a uma umidade entre 11 - 15%, destrói a lipase, podendo também, concomitantemente à inativação enzimática, eliminar outros efeitos indesejáveis, como a desnaturação protéica e as perdas de vitaminas, alterando ainda, de forma favorável, o sabor e a cor original do produto. Recentemente, foi desenvolvido um método para estabilização do farelo, utilizando uma enzima proteolítica que se tem mostrado muito eficiente para inativação da lipase, antes de ela atuar no substrato (Saunders, 1990).

O farelo estabilizado possui seis meses de vida de prateleira, quando armazenado a temperaturas inferiores a 30°C, e apresenta-se sob a forma de um pó finamente granulado, de cor marrom-clara e sabor de noz tostada. É utilizado em produtos de confeitaria e padaria, cereais matinais, granola em tabletes, *snacks* e em alimentos extrusados (Saunders, 1990). Do farelo estabilizado retira-se o óleo, assunto que será abordado com mais detalhes ainda neste capítulo.

Composição

As características físicas e químicas do farelo de arroz dependem de vários fatores, como a cultivar, o tratamento do grão antes do beneficiamento, o sistema de beneficiamento praticado e o grau de



polimento dado ao produto. Dessa forma, os valores encontrados na literatura sobre a composição do farelo apresentam uma ampla faixa de variação, refletindo a influência dessas variáveis na composição final do produto (Saunders, 1985/86). Devido a tais variações, é prática comum de mercado especificar limites de tolerância, máximos ou mínimos, para tais componentes. Os padrões recomendados pela indústria de transformação do arroz para o farelo estabilizado ou proveniente de arroz parboilizado, nos Estados Unidos, encontram-se na Tabela 24.1 (Saunders, 1990).

Tabela 24.1. Limites de tolerância para o farelo de arroz estabilizado e parboilizado.

Componente	Tolerância
Gordura	16% min.
Proteína	13% min.
Fibra da dieta total	20% min.
Fibra bruta	9% máx.
Cinza	10% máx.
Cinza (farelo parboilizado)	15% máx.
Umidade	12% máx.
Ácidos graxos livres (FFA)	4% máx.
Silica (SiO ₂)	0,1% máx
Carbonato de cálcio (CaCO ₃)	2% máx.
Carbonato de cálcio (farelo parboilizado)	6% máx.

Fonte: Saunders (1990).

Na indústria alimentícia, pelo seu poder relativamente alto de absorção de óleo, o farelo de arroz apresenta grande potencial como emulsificante em produtos que contêm alto teor de gordura, como também em substituição a gomas comerciais e amidos modificados usados como estabilizantes e emulsificantes em molhos prontos, líquidos ou não (Hammond, 1994).

Proteínas

Do farelo desengordurado retira-se a proteína, para uso alimentício ou não, que pode ser obtida também do farelo gordo e do estabilizado. Essa proteína é ainda um produto pouco utilizado apesar de seu grande potencial. O processo de extração, utilizando álcali diluído, produz um concentrado com conteúdo protéico em torno de 50 - 60%.

A proteína do farelo de arroz tem um coeficiente de eficiência protéica (PER) de 1,6 a 1,9. O PER da caseína é de 2,5, enquanto o



concentrado protéico extraído do farelo atinge valores semelhantes, entre 2,0 e 2,5. A digestibilidade da proteína do farelo encontra-se em torno de 70 - 75%. Quando as fibras e o ácido fítico são removidos durante a extração por álcali diluído, a digestibilidade alcança valores superiores a 90% (Marshall, 1993).

O concentrado protéico possui grande capacidade de emulsificação, aliada à boa atividade e estabilidade da emulsão, o que o torna apropriado para utilização em produtos com alto teor de gordura como, por exemplo, em imitações de produtos cárneos. Essa proteína, de boa qualidade, é capaz de manter a qualidade nutricional do produto em substituição à proteína animal, de alto valor comercial, acrescentando valor agregado ao produto final. O concentrado protéico pode ser utilizado também em formulações de molhos prontos para carnes e saladas, substituindo gomas ou amidos modificados, carregando, adicionalmente, um promissor rótulo por ser um extrato natural, de grande aceitação pelos consumidores (Marshall, 1993).

Outra vantagem da proteína do farelo de arroz é a ausência de efeitos indesejáveis em indivíduos intolerantes ou alérgicos ao glúten. A sua utilização tem também apresentado bons resultados como condicionador de massas em produtos de panificação, melhorando a retenção de gás, as propriedades de mistura e retardando a queda da massa após a fermentação (Hammond, 1994).

Como uso não alimentício, destaca-se a produção de filmes de cobertura, aproveitando as propriedades hidrofóbicas de algumas das proteínas presentes no farelo, o que tem contribuído para aumentar o valor agregado desse subproduto do beneficiamento do arroz (Marshall, 1993; Gnanasambandam et al., 1997).

Fibras

Um outro componente de grande importância do farelo de arroz é a presença de fibras que, por possuírem boa capacidade de absorção de água e óleo, podem ser utilizadas no desenvolvimento de uma enorme variedade de produtos industrializados que requerem estas propriedades. Como exemplo, pode ser citada a indústria farmacêutica, onde fibras com alta capacidade de absorção de água têm papel importante no preparo de laxativos. Devido a seu custo reduzido, o farelo de arroz apresenta-se como uma excelente fonte de fibras em substituição à fibras tradicionais obtidas a partir de matérias primas de custo mais elevado (Saunders, 1990; Marshall, 1993).



A literatura indica também a relação das fibras do farelo com a aplicação de inseticidas na agricultura, as quais, devido à sua elevada capacidade de adsorção, promovem a utilização mais eficaz dos produtos químicos, com efeitos mais prolongados, e diminuem os riscos de carreamento de produtos tóxicos aos mananciais de água pela ação das chuvas (Marshall, 1993).

Essa capacidade de adsorção apresentada pelas fibras do farelo tem sido também aproveitada como despoluente, retirando metais pesados, como zinco, cromo e cobre, da água destinada para fins industriais ou para consumo domiciliar, destacando-se como um substituto eficiente à carboximetilcelulose (CMC), tradicionalmente utilizada como adsorvente (Marshall, 1993).

Óleo

Um outro produto nobre retirado do farelo de arroz é o óleo. Apesar de ter seu suprimento limitado pela quantidade, ou disponibilidade, de farelo produzido, algumas propriedades únicas, como seu alto ponto de fumaça, sua estabilidade e suas características antioxidantes, colocam-no como um produto de indiscutível potencial nutricional, tanto para utilização doméstica direta como pela sua importância como ingrediente funcional, principalmente em misturas de óleos (Godber & Gurkin, 1993).

As características antioxidantes do óleo de arroz possibilitam o seu aproveitamento como conservante através da extração e isolamento de um de seus componentes, o orizanol, de alto valor comercial. O orizanol, que é um éster do ácido felúrico com álcoois triterpenóides, apresenta também ampla possibilidade de utilização na indústria de cosméticos como componente de filtros solares, contribuindo no bloqueio da ação deletéria dos raios ultravioletas na pele (Godber & Gurkin, 1993).

Dependendo da finalidade a que se destina, o processo de extração de óleo do farelo do arroz pode ser químico ou físico, principalmente quando se considera o seu conteúdo de matéria insaponificável. Os processos físicos têm como vantagem a retenção de maior teor de matéria insaponificável que o processo químico (Godber & Gurkin, 1993).

As doenças cardiovasculares estão intimamente ligadas aos teores de colesterol presentes no soro sanguíneo. Índices acima de 240 mg dl⁻¹ são extremamente preocupantes, e o ideal é que sejam



mantidos níveis inferiores a 200 mg dl⁻¹ (Nicolisi, 1993). Diversas pesquisas com animais e seres humanos indicam que o consumo de óleo de arroz diminui os níveis de colesterol de baixa densidade, conhecido vulgarmente como “mau colesterol”, e que essa diminuição está ligada à presença do orizanol (Saunders, 1990; Slavin & Lampe, 1992; Hammond, 1994; Kahlon et al. 1994).

Os principais ácidos graxos da composição do óleo de arroz são o ácido oléico, 40 - 44%, e o linoléico, 35 - 37%. Contém também aproximadamente 17% de ácido palmítico e traços de ácido esteárico, araquidônico e gadoléico. Normalmente, ácidos graxos insaturados, como o ácido linoléico, abundante em óleos vegetais, estão relacionados com a diminuição do colesterol. Entretanto, o óleo de arroz, rico em ácidos graxos saturados e limitado em insaturados multifuncionais, é mais eficiente na redução do LDL colesterol do que os demais óleos de origem vegetal. Isto sugere que outros componentes além dos ácidos graxos insaturados contribuem com essa função (Tsuno Food Industrial Company, 2000).

Pesquisas relatadas em simpósio organizado pela Associação Americana do Coração indicaram que o óleo de farelo de arroz é o único capaz de reduzir o LDL a níveis de até 30%, sem diminuição do HDL, ou “bom colesterol”, o qual protege contra ataques cardíacos. Bastaria a ingestão de duas colheres de sopa de óleo diariamente para atingir esse benefício. Esses benefícios estão relacionados ao balanço natural entre substâncias bioativas exclusivas do óleo de arroz como mono e poliinsaturados, não saponificáveis, esteróis vegetais, os quais reduzem a absorção do colesterol, ao gama-orizanol, que diminui a absorção e aumenta a excreção do colesterol, bem como à presença significativa de tocoferóis (vitamina E) naturais (Baker, 1992; Tsuno Food Industrial Company, 2000).

O óleo de arroz é claro e apresenta sabor suave para uso em saladas. A baixa transferência de sabor torna-o excelente para frituras ou assados sem alteração do sabor final da receita. A longa vida útil na fritura e o alto ponto de fumaça favorecem o processo de fritura dos alimentos sem provocar respingos, espessamento, fumaça, espuma ou decomposição (Baker, 1992). Devido a essas características e, principalmente à sua estabilidade à oxidação, o óleo de arroz é altamente demandado para elaboração de bolos, batatas *chips* e bolinhos fritos. Quando comparado a outros óleos, o de arroz, quando aquecido, gera menos substâncias tóxicas e odor. Além disso, pode ser usado sob baixas temperaturas, como em maionese ou molhos similares, e em produtos que requerem maior tempo de



prateleira (Tsuno Food Industrial Company, 2000). O gama-orizanol presente no óleo de arroz é um eficiente antioxidante que impede o aparecimento de mofo e contribui com a estabilidade do óleo. Noventa por cento do gama-orizanol produzido é utilizado em medicamentos e o restante em cosméticos e como aditivos em alimentos saudáveis (Tsuno Food Industrial Company, 2000). Outra substância presente no óleo de arroz em altas concentrações é o *b*-sitosterol, relacionada com a absorção de colesterol no trato digestivo humano (Lady..., 1991).

O óleo de arroz é um dos mais estáveis óleos de origem vegetal, podendo ser reutilizado várias vezes, mesmo sob altas temperaturas (Baker, 1992).

Por ser um produto diferenciado, a utilização do óleo de arroz deve ser especificada quando destinada para consumo direto na alimentação, ou como ingrediente ou fonte para extração de componentes menores, como antioxidantes e conservantes. A sua mistura em óleos para melhoria da qualidade nutricional aparece como mais uma interessante alternativa de utilização.

Óleo de farelo de arroz com alto teor de orizanol foi utilizado como antioxidante em leite em pó integral com bons resultados (Nanua et al., 2000). A adição de óleo de farelo de arroz em carne reestruturada, como *beef roast*, aumentou a estabilidade oxidativa e o teor de vitamina E no produto (Kim & Godber, 2001).

Apesar das substâncias benéficas presentes, muitos de seus benefícios são perdidos no processo de purificação, quando se usam métodos convencionais. Para solucionar esse problema, foi desenvolvido um processo físico de refinamento do óleo, originalmente utilizado para purificação de óleos de palma e de coco. Esse processo permite a preservação de grande parte das substâncias bioativas do óleo, aumentando até mesmo seus efeitos (Tsuno Food Industrial Company, 2000).

A utilização de óleo de farelo de arroz é ainda insignificante no Brasil, embora o arroz apresente grande variabilidade genética, capaz de propiciar o desenvolvimento de cultivares com ótimos níveis de fitoquímicos e existam evidências científicas de que estes, quando provenientes do farelo de arroz, têm potencial de trazer benefícios à saúde, somado ainda ao que agora já se sabe sobre eles e seus mecanismos de atuação (Bergman & Xu, 2003).



Casca

A casca do arroz é um subproduto encontrado em mais de 60 países produtores no mundo e representa, dependendo da cultivar, entre 14 e 35% do total do produto colhido (Beagle, 1974). O seu aproveitamento industrial, além de agregar valor a esse subproduto, contribui para diminuir um grave problema de poluição ambiental. Uma característica importante a ser considerada para o seu aproveitamento como matéria-prima é o seu baixo custo. A Fig. 24.3 apresenta algumas opções de utilização.

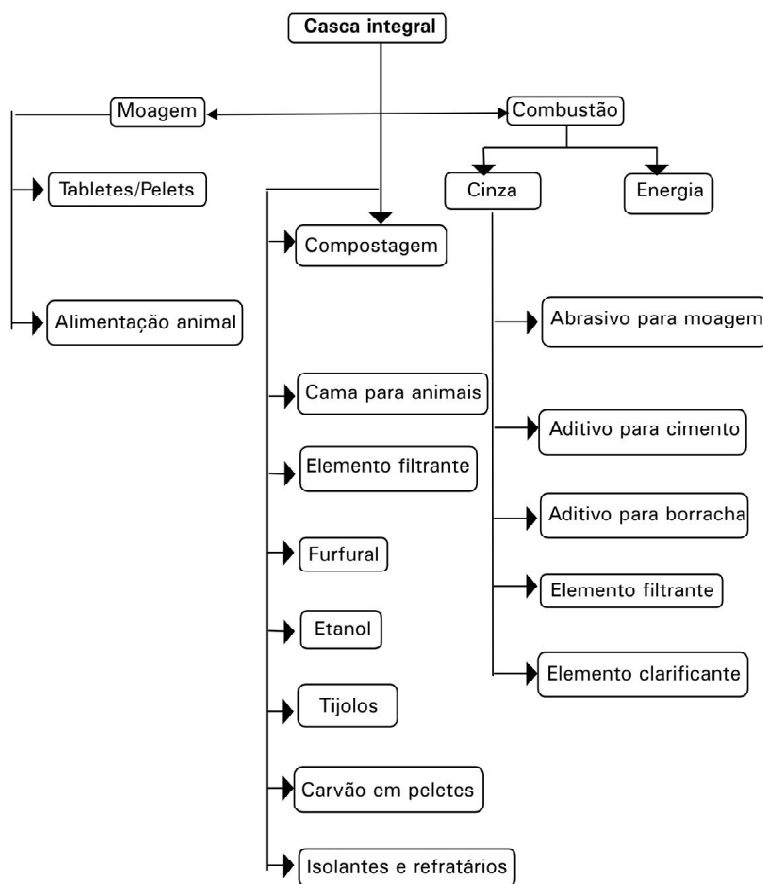


Fig. 24.3. Principais utilizações da casca de arroz.

A casca, como matéria-prima integral, tem aplicação potencial na fabricação de diversos produtos: adesivos; adsorvente de materiais tóxicos; na geração de energia, vapor e gases pela sua queima em fornos



e caldeiras; como componente da alimentação animal para prevenir formação de gases e distúrbios estomacais; como material de cama e ninhos para animais; para polimento de metais, devido ao seu poder abrasivo; como material de construção na confecção de tijolos; e na construção de barcos (Tani, 1989; McCaskill & Orthoefer, 1993; Marshall et al., 1996).

Além de gerar energia pela sua combustão, a cinza produzida na queima da casca contém alto teor de sílica que, dependendo de sua forma, amorfa ou cristalina, terá uso diferenciado. Normalmente, a forma amorfa é mais desejável. A sílica da cinza da casca de arroz pode ser utilizada como elemento filtrante para clarificação de bebidas, óleos, produção de cimento e material de construção (Tani, 1989; Marshall, 1993).

Diferentes condições de combustão resultam em diferentes índices de carbono na cinza, o que pode ser controlado pela temperatura e extensão da queima, com o objetivo de proporcionar usos e oportunidades diferenciadas. Os teores de carbono na cinza influenciam as características de adsorção. As cinzas de casca de arroz podem ser empregadas também como substituto de carvão ativado em processos clarificantes de óleos vegetais e como corretivo em solos contaminados, absorvendo substâncias tóxicas (Marshall, 1993).

Dentre as possíveis utilizações da casca, a maioria tem em comum o baixo valor agregado do produto final. Apenas a conversão da casca em etanol pode prover um retorno razoável do investimento dispendido inicialmente (Marshall et al., 1996).

Outro subproduto normalmente utilizado como fonte alimentar em bovinos e como massa orgânica em fertilizantes é a palha de arroz, ou seja, a resteva deixada no campo após a colheita. A composição da palha de arroz inclui 43% de celulose, 26% de hemicelulose A + B, 16% de lignina, 12% de cinzas e 3% de ceras. Portanto, por meio de tratamentos adequados, há um potencial de agregar valor à palha de arroz com o uso de sua fibra dietética como ingrediente alimentar e não apenas em ração animal (Sangnark & Noomhorm, 2004). Estudos mostraram a possibilidade de adição (5%) de fibra dietética extraída da palha de arroz (partículas < 0,075 mm), tratada com peróxido de hidrogênio alcalino, em pães sem afetar significativamente sua qualidade (Sangnark & Noomhorm, 2004).



A SITUAÇÃO BRASILEIRA E SUAS PERSPECTIVAS

A produção estimada de arroz no Brasil, na safra 2004, ficou em torno de 13,2 milhões de toneladas (IBGE, 2005). A estimativa de produção, em termos de subprodutos e suas frações, representada na Tabela 24.2, fornece uma idéia do volume disponível desses resíduos e seus derivados diretos, com amplas oportunidades de aproveitamento, tanto *in natura* como para matéria-prima na indústria de transformação.

Tabela 24.2. Estimativa de produção de subprodutos do beneficiamento do arroz e suas frações com base na estimativa da safra 2004.

Subproduto	Quantidade (t)	Fração extraída	Quantidade (t)
Casca (20%)	2.640.000	Cinzas (20%)	528.000
		Proteína (14%)	369.000
Farelo (8%)	1.060.000	Óleo (20%)	211.000
		Fibra (7%)	74.000
Arroz Quebrado (20%)	1.900.000	Amido (80%)	1.520.000
		Proteína (7%)	133.000

A realidade brasileira, porém, está ainda muito distante da situação ideal de máximo aproveitamento desses excedentes. Apenas em alguns casos isolados esses subprodutos são utilizados economicamente e/ou transformados em novos produtos, contribuindo para o incremento no ganho de capital e aumento da rentabilidade da cultura do arroz. Apesar da pouca expressividade da utilização dos subprodutos do beneficiamento do arroz, já começam a delinear-se algumas iniciativas nesse sentido para alguns desses resíduos, no Brasil. O grande volume de casca produzido e que, na maior parte, não é utilizado, causa problemas ao meio ambiente, tanto pela quantidade como pela sua característica de baixa densidade (Colônia, 1986). Em alguns casos esporádicos, a casca do arroz tem sido aproveitada para finalidades mais específicas, sendo, contudo, sua principal forma de utilização a queima para produção de energia, visando à secagem de grãos ou produção de vapor (Amato, 1993).

Uma das principais vias de combustão da casca tem sido pelo emprego do processo do leito fluidizado, desenvolvido pela Fundação de Ciência e Tecnologia (CIENTEC), em Porto Alegre, RS (Amato, 1993).



Essa combustão propicia enormes vantagens à queima tradicional, leito fixo, sendo uma excelente alternativa para a produção de cinzas com baixo teor de carbono. A principal vantagem do processo, em relação ao tradicional em leito fixo, é o fato de não estar atrelado a uma única fonte de matéria-prima. As cinzas resultantes, além de claras e com baixo teor de carbono, 0,6 - 0,8%, são coletadas em ciclones na forma de pó fino, seco e calcinado, podendo ser adicionadas ao cimento, em fertilizantes, como estabilizador de solos e apresentando ainda a vantagem adicional de, no caso de serem descartadas, provocarem menor dano ao meio ambiente.

A queima da casca do arroz pelo processo de leito fluidizado, além de proporcionar maior estabilidade das propriedades físicas dos gases quentes, com rápida resposta a mudanças na alimentação da fornalha, apresenta menor custo de manutenção, por trabalhar em temperaturas mais baixas, maior estabilidade de temperatura durante o processo e nas mudanças de regime liga/desliga, não produz fumaça nem fuligem e apresenta maior facilidade no controle de queima pelo operador da caldeira (Amato, 1993). No Rio Grande do Sul, a utilização da cinza da casca de arroz na indústria de produção de cimento é difundida pelo aproveitamento de sua atividade pozolânica (Cánepa, 1986). Outra forma de aproveitamento da cinza obtida pelo processo em leito fluidizado, e já absorvida pelo setor produtivo, é a sua utilização na indústria de fertilizantes.

A casca de arroz tem sido aproveitada no Brasil para transformação em biocarvão, utilizando tecnologia desenvolvida na Bélgica, pela Biomass Development (BMD). A casca de arroz, ou de qualquer outro vegetal que contenha lignina, celulose e hemicelulose em sua composição, passa por uma moagem e peneiramento para uniformização das partículas, sofre secagem posterior até atingir uma umidade de 1%, sendo, então, levada à densificadora, onde, sob ação de alta pressão e a uma temperatura de 200°C, essa biomassa toma a forma final desejada no produto. O biocarvão apresenta densidade superior à do carvão vegetal, possuindo, conseqüentemente, maior capacidade energética e poder calorífico. Como vantagens adicionais, não produz resíduos poluentes durante o processo, evita desmatamentos para fins energéticos, libera menos dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera durante a queima e seu uso pode ser recomendado para aplicações industriais ou domésticas (Nahas & Tunes, 1993).

Como utilização em larga escala de casca de arroz no Brasil, destaca-se a BK-Energia que, no final do século passado, construiu em Uruguaiana, RS, um projeto pioneiro no hemisfério sul de geração de



energia elétrica e vapor utilizando a casca de arroz como combustível e tendo como subproduto a sílica amorfa, a qual, presta-se como isolante térmico de alta eficiência para siderurgia. Esse processo consiste, basicamente, em triturar a casca, queimando-a sob condições controladas de temperatura e tempo de residência na fornalha, de forma a manter a estrutura amorfa da sílica. O calor resultante da queima é usado na geração de vapor, 440°C 42 Kgf cm⁻², que, por sua vez, movimenta uma turbina gerando 8 MW de energia elétrica, o suficiente para alimentar uma cidade de 80 mil habitantes.

Um dos principais obstáculos ao aproveitamento da casca de arroz é, sem dúvida, a sua baixa densidade aparente, dificultando o manuseio e encarecendo o transporte. Uma alternativa para minorar esse problema consiste na sua trituração e compactação, aumentando a densidade de 0,10 - 0,16 g cm⁻³ para 0,40 g cm⁻³ (McCaskill & Orthoefer, 1993).

O farelo de arroz, no Brasil, em quase sua totalidade é usado para produção de ração animal. Esse farelo pode ser encontrado na forma integral ou desengordurado. A utilização de 15% de farelo de arroz integral em rações para frangos de corte, entre 1 e 40 dias de idade, tem evidenciado sua adequação em alimentação para aves, com boa conversão alimentar (Brum et al., 1993).

Devido às características de conservação do farelo, já referidas anteriormente, e também à falta de controle específico sobre as condições sanitárias de recolhimento e as dificuldades relativas à contaminação do farelo com resíduos de casca e/ou de amido, as possibilidades de utilização do farelo de arroz na alimentação humana têm sido bastante limitadas. Além disso, alguns autores apontam que, apesar de ser importante fonte de nutrientes, o farelo apresenta elevado teor de ácido fítico, que funciona como limitante na absorção de minerais pelo organismo (Alencar & Alvarenga, 1991; Nogara, 1994; Torin, 1991).

Existem, contudo, algumas iniciativas isoladas no sentido de introduzir o farelo na dieta, como é o caso de uma campanha institucional de alimentação alternativa preconizada pela Pastoral da Criança, entidade vinculada à Conferência Nacional dos Bispos do Brasil (CNBB), que indica uma combinação diversificada de ingredientes, denominada "multimistura", onde o farelo de arroz integral torrado é misturado com farelo de trigo, fubá, pó de folhas verde-escuras, em especial de



mandioca, pó de casca de ovo. Essa mistura é adicionada em sopas, mingaus, bolos, farofas, pães, doces ou outros alimentos (Brandão & Brandão, 1988; Brandão, 1989).

Uma pequena parte do farelo de arroz produzido no Brasil vem sendo utilizada para produção de óleo comestível, extraído por solvente. Para tanto, tornam-se necessárias condições ótimas de recolhimento dessa matéria prima, assegurando condições sanitárias adequadas, como também para evitar que se inicie o processo de oxidação pela atividade da lipase. Tais condições têm restringido muito esta prática e, como conseqüência, o óleo de arroz é produzido em pequena escala no país, sendo comercializado, quase em sua totalidade, na Região Sul, sem uma distribuição mais abrangente. O farelo desengordurado e estabilizado, resultante da extração do óleo, é utilizado em formulações para alimentação animal.

A quirera de arroz tem sido tradicionalmente aproveitada no Brasil em cervejarias, como coadjuvante no processo de fermentação, e o nível de aproveitamento desse subproduto tende a manter-se estável. Um outro uso do arroz quebrado é em formulações de rações para animais como componente energético, fornecendo carboidratos.

Algumas indústrias, embora de forma incipiente, já transformam em farinha cerca de 1.000 t mês^{-1} de canjica de arroz, $\frac{1}{2}$ grão e quirera, visando ao seu emprego como ingrediente em produtos acabados. Os dois tipos de farinha produzidos são a farinha inativada e a pré-gelatinizada. A farinha inativada consiste no produto obtido em moinho de rolo e martelo até atingir a granulometria de 85 microns, em 50% da farinha que sofreu um tratamento térmico em um turbo cozinhador a 95°C por 20 segundos. É utilizada em produtos como mingaus, cremes e pós para pudins e na veiculação de outros aditivos. A farinha obtida por esse processo tem um índice de absorção de água (IAA) de 2,8. A farinha pré-gelatinizada é aquela que passa por um processo de extrusão termoplástica, seguido de moagem em moinhos de pinos. Essa farinha possui um IAA de 5,5 - 6,0 e granulometria de 85 microns, sendo utilizada em alimentos instantâneos, alimentos para bebês, em dietas alimentares de pessoas com intolerância ao glúten e em formulados para rações de bovinos e suínos.

Iniciativa pioneira no país ocorreu em 1998, com o surgimento de uma massa alimentícia de arroz, mais conhecida como macarrão de arroz, devido ao seu formato semelhante a uma massa tradicional.



Derivado do arroz, esse alimento é de origem chinesa e muito consumido nos países asiáticos, onde a produção segue em alta escala. É produzido somente do arroz, o que garante um diferencial muito favorável no paladar e na estética do prato em relação aos concorrentes, que fabricam um produto derivado de outros ingredientes além do arroz. Muito versátil, adapta-se facilmente às várias formas de preparo que vão desde pratos tradicionais chineses com legumes e ovos, passando por saladas e sobremesas (Chiang, 2002).

Um outro produto recentemente lançado no mercado, em 2004, é o arroz vitaminado e enriquecido com ferro e zinco, por uma indústria gaúcha. O produto é constituído de um premix de vitaminas, minerais e farinha de arroz em formato de grão de arroz, reconstituído por extrusão, e misturado ao arroz branco polido tradicional, numa proporção adequada para fornecer 1/3 das necessidades diárias das vitaminas A, B₁ e PP e dos minerais ferro e zinco, bem como 1/5 da ingestão recomendada para as vitaminas B₁₂ e B₉ em cada porção de produto pronto. Isso o coloca como produto diferenciado no Brasil, passível de alegação de alimento enriquecido segundo a Portaria nº 31, de 13 de janeiro de 1988 (Brasil, 1998).

Apesar da produção brasileira de subprodutos do beneficiamento do arroz ser bem superior às quantidades produzidas em países desenvolvidos, como os Estados Unidos, o Japão e os países da Comunidade Econômica Européia (CEE), as tecnologias disponíveis no país para um aproveitamento mais rentável desses resíduos carecem de maior diversidade. Torna-se evidente, portanto, que sejam concentrados esforços de entidades oficiais e privadas para a pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias e produtos, alimentícios ou não, para o aprimoramento das condições higiênicas de recolhimento e armazenagem desses subprodutos, para a padronização, normatização e regulamentação das características de qualidade e identidade comercial, criando condições e estabelecendo políticas de incentivo ao seu aproveitamento pelo setor produtivo que já se utiliza de similares. Destaca-se, pois, a importância de agregar valor à cultura como um todo, beneficiando a sociedade em geral e os segmentos envolvidos na cadeia produtiva do arroz. O dinamismo da geração e implementação de tecnologias, promovendo excedentes comercializáveis, é uma das alternativas da atualidade na busca de segurança alimentar, ao mesmo tempo em que contribui para maior competitividade do setor arrozeiro por recursos e mercados.



REFERÊNCIAS

- ALENCAR, M. de L. C. B. B. de; ALVARENGA, M. G. Farelo de arroz. (I): composição química e seu potencial como alimento. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 34, n. 1, p. 95-108, mar. 1991.
- AMATO, G. W. Utilization of rice husk as an alternative source of energy. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GRAIN CONSERVATION, 1993, Canela. **Proceedings...** Canela: FAO, 1993. p. 255.
- BADIALE-FURLONG, E.; SILVEIRA, A.; GONÇALVES, A. A. Solubilidade de proteínas de plasma bovino adsorvido em farelo de arroz desengordurado. In: ENCONTRO NACIONAL DE ANALISTAS DE ALIMENTOS, 9., 1995, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: [s.n.], 1995.
- BAKER, P. Rice bran oil lowers blood cholesterol. **Rice Journal**, Raleigh, v. 95, p. 12-13, June 1992.
- BEAGLE, E. C. Basic and applied research needs for optimizing utilization of rice husk. In: RICE BY-PRODUCTS UTILIZATION INTERNATIONAL CONFERENCE, 1974, Valencia, Spain. **Proceedings...** Valencia: Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, 1974, v.1, p. 1-43.
- BERGMAN, C. J.; XU, Z. Genotype and environment effects on the tocopherol, tocotrienol and gamma-oryzanol contents of Southern U.S. rice. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 80, n. 4, p. 446-449, July/Aug. 2003.
- BRANDÃO, C. T. **Alimentação alternativa**. Brasília, DF: Ministério da Saúde. 1989. 68 p.
- BRANDÃO, C. T.; BRANDÃO, R. F. **Alternativas alimentares**. Goiânia: Pastoral da Criança, 1988. 51 p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria n. 31, de 13 de janeiro de 1988. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 30 mar. 1998. Seção I-E, p. 4.
- BRUM, P. A. R.; ALBINO, L. F. T.; GOMES, M. F. M.; TOSCAN, A. B.; PIENIZ, L. C. **Uso do farelo do arroz integral em dietas para frangos de corte**. Concórdia: EMBRAPA-CNPISA, 1993. 2 p. (EMBRAPA-CNPISA. Comunicado Técnico, 201).
- CÂNEPA, E. M. Aproveitamento energético da casca de arroz. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DO ARROZ, 1., 1986, Porto Alegre. **Resumos...** Porto Alegre: CIENTEC, 1986. p. 19.
- CÁRDENAS, D.; NEWBOLD, C. J.; GALBRAITH, H.; TOPPS, J. H. Potencial do farelo de arroz como subproduto alimentício. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE, 9.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 5., 1994, Goiânia. **Arroz na América Latina**: perspectivas para o incremento da produção e do potencial produtivo. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1996. v. 2, p. 227. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 62).
- CARVALHO, C. W. P. de; CRUZ, R.; SOARES, N. de F. F. Efeito do farelo de arroz tratado termicamente na vida de prateleira de biscoito tipo amanteigado. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 39, n. 2, p. 221-232, jun. 1996.
- CASTILLO, D.; BARBER, C. B. de; BARBER, S.; INOCENCIO, E. D.; DUFFAY, I. H. Diversos usos do farelo de arroz: potencialidade na América Latina e no Caribe. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE, 9.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 5., 1994, Goiânia. **Arroz na América Latina**: perspectivas para o incremento da produção e do potencial produtivo. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1996. v. 2, p. 226. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 62).



- CHAMPAGNE, E. T. Rice starch composition and characteristics. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 41, n. 11, p. 833-838, Nov. 1996.
- CHIANG, A. Massa alimentícia de arroz. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1.; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. v. 1, p. 77. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 134).
- COLÔNIA, E. J. Casca de arroz: impacto ambiental. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DO ARROZ, 1., 1986, Porto Alegre. **Resumos...** Porto Alegre: CIENTEC, 1986. p. 18.
- FRENCH, A. D.; SMITH, P. S. Starch discussion group. In: THE RICE UTILIZATION WORKSHOP, 1993, Houston, EUA. **Proceedings...** Houston: USDA, 1993. p. 16-20.
- GNANASAMBANDAM, R.; HETTIARACHCHY, N. S.; COLEMAN, M. Mechanical and barrier properties of rice bran films. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 62, n. 2, p. 395-398, Mar./Apr. 1997.
- GODBER, J. S.; GURKIN, S. U. Oil/nutrition discussion group. In: THE RICE UTILIZATION WORKSHOP, 1993, Houston, EUA. **Proceedings...** Houston: USDA, 1993. p. 21-26.
- GOFFMAN, F. D.; BERGMAN, C. J. Phenolics in rice: genetic variation, chemical characterization and antiradical efficiency. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS, 2002, Montreal, CA. **Proceedings...** Montreal: AACC, 2002. p. 163.
- GONÇALVES, A. A.; BADIALE-FURLONG, E.; SOARES, L. A. S. Utilização de subprodutos da agroindústria na elaboração de um biscoito de aveia. **Vetor**, Rio Grande, v. 7, p. 47-56, 1997.
- GRUSAK, M. Enhancing mineral content in plant food products. **Journal of the American College of Nutrition**, Detroit v. 21, n. 3 p. 178S-183S, June 2002.
- HALL, J. Industrial processes for starch and protein products. In: THE RICE UTILIZATION WORKSHOP, 1996, New Orleans, EUA. **Proceedings...** Houston: USDA, 1996. p. 73-80.
- HAMMOND, N. A. Functional and nutritional characteristics of rice bran extracts. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 39, n. 10, p. 752-754, Oct. 1994.
- IBGE. Confronto das safras de 2003 e das estimativas para 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> . Acesso em 10 fev. 2005.
- JU, Z. Y.; HETTIARACHCHY, N. S.; RATH, N. Extraction, denaturation and hydrophobic properties of rice flour proteins. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 66, n. 2, p. 229-232, Mar. 2001.
- JULIANO, B. O. The rice cariopsis and its composition. In: HOUSTON, D. F. (Ed.). **Rice: chemistry and technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1972. p. 16-74.
- KAHLON, T. S.; CHOW, F. I.; SAYRE, R. N. Cholesterol-lowering properties of rice bran. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 39, n. 2, p. 99-103, Feb. 1994.
- KIM, J. S.; GODBER, J. S. Oxidative stability and vitamin E levels increased in restructured beef roasts with added rice bran oil. **Journal of Food Quality**, Athens, v. 24, n. 1, p. 17-26, Mar. 2001.



KOHLWEY, D. E.; KENDALL, J. H.; MOHINDRA, R. B. Using the physical properties of rice as a guide to formulation. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 40, n. 10, p. 728-732, Oct. 1995.

LADY in Indiana calls rice bran oil a miracle product. Rice World Soybean News, Folsom, v. 11, n. 10, p. 6, Oct. 1991.

LLOYD, B. J.; SIEBENMORGEN, T. J.; BEERS, K. W. Effects of commercial processing on antioxidants in rice bran. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 77, n. 5, p. 551-555, Sept./Oct. 2000.

MARSHALL, W. E. Utilization of rice bran/hulls in value-added products. In: THE RICE UTILIZATION WORKSHOP, 1993, Houston, EUA. **Proceedings...** Houston: USDA, 1993. p. 68-76.

MARSHALL, W. E.; TOLES, C.; JOHNS, M. New uses for rice hulls and straw through research. In: THE RICE UTILIZATION WORKSHOP, 1996, New Orleans, EUA. **Proceedings...** Houston: USDA, 1996. p. 81-92.

McCASKILL, D. R. ; ORTHOEFER, F. T. Current rice process technology. In: THE RICE UTILIZATION WORKSHOP, 1993., Houston, **Proceedings...** Houston: USDA, 1993. p. 58-67.

MITCHELL, C. R.; SHIH, F. F. Protein discussion group. In: THE RICE UTILIZATION WORKSHOP, 1993, Houston, EUA. **Proceedings...** Houston: USDA, 1993. p. 11-15.

NAHAS, A.; TUNES, S. O carvão feito de sobras. **Globo Ciência**, São Paulo, n. 4, p. 34-35, 1993.

NANUA, J. N.; MCGREGOR, J. U.; GODBER, J. S. Influence of high-oryzanol rice bran oil on the oxidative stability of whole milk powder. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 83, n. 11, p. 2426-2431, Nov. 2000.

NICOLISI, R. J. Nutritional aspects of rice oil. In: THE RICE UTILIZATION WORKSHOP, 1993, Houston, EUA. **Proceedings...** Houston: USDA, 1993. p. 87-91.

NOGARA, C. D. **Farelo de arroz como suprimento alimentar**: avaliação da ação sobre insulín-like-growth factor-1 e poligoelementos. Curitiba: PNUD, 1994. 58 p. Relatório.

QURESHI A. A.; SAMI, S. A.; SALSER, W. A.; KHAN, F. A. Synergistic effect of tocotrienol-rich fraction (TRF(25)) of rice bran and lovastatin on lipid parameters in hypercholesterolemic humans. **Journal of Nutritional Biochemistry**, Lexington, v. 12, n. 6, p. 318-329, June 2001.

RICE bran health claims don't affect major rice consumers. **IRRI Reporter**, Los Baños, n. 1, p. 5-6, Mar. 1992.

SALCEDO, A. M.; BADIALE-FURLONG, E.; SOARES, L. A. S. Formulação de sobremesas com plasma bovino adsorvido em farelo de arroz. **Vetor**, Rio Grande, v. 8, p. 103-112, 1998.

SANGNARK, A.; NOOMHORM, A. Chemical, physical and baking properties of dietary fiber prepared from rice straw. **Food Research International**, Ottawa, v. 37, n. 1, p. 66-74, 2004.

SAUNDERS, R. M. Rice bran: composition and potencial food uses. **Food Reviews International**, New York, v. 1, n. 3, p. 465-495, 1985/86.



- SAUNDERS, R. M. The properties of rice bran as a foodstuff. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 35, n. 7, p. 632-635, July 1990.
- SHENG, D. Y. Rice-based ingredients in cereals and snacks. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 40, n. 8, p. 538-540, Aug. 1995.
- SHIH, F. Edible films from rice protein concentrate and pullulan. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 73, n. 3, p. 406-409, May/June 1996.
- SHIH, F.; DAIGLE, K. W. Preparation and characterization of rice protein isolates. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v. 77, n. 8, p. 885-889, Aug. 2000.
- SKERRIT, J. H.; DEVERY, J. M.; HILL, A. S. Gluten intolerance: chemistry, celiac-toxicity, and detection of prolamins in foods. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 35, n. 7, p. 638-643, Jul. 1990.
- SLAVIN, J. L.; LAMPE, J. W. Health benefits of rice bran in human nutrition. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 37, n. 10, p. 760-763, Oct. 1992.
- SODHI, N. S.; SINGH, N. Morphological, thermal and rheological properties of starches separated from rice cultivars grown in India. **Food Chemistry**, Barking, v. 80, n. 1, p. 99-108, Jan. 2003.
- STARCH discussion group: results of discussions. In: THE RICE UTILIZATION WORKSHOP, 1993, Houston, EUA. **Proceedings...** Houston: USDA, 1993. p. 7.
- TANI, T. Secondly losses of rice. In: JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY. **Group training course in post-harvest rice processing**. Tokyo, 1989. v. 1. cap. 18.
- TORIN, H. R. **Utilização do farelo de arroz industrial**: composição e valor nutritivo em dietas recuperativas. 1991. 147 f. Tese (Mestrado em Ciência da Nutrição) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- TSUNO FOOD INDUSTRIAL COMPANY. **Rice salad oil and physical refining oil (PRO)**. Wakayama, Mar. 2000, p. 1-5.
- YOKOCHI, K. Rice bran processing for the production of rice bran oil and characteristics and uses of oil and deoiled bran. In: RICE BY-PRODUCTS UTILIZATION INTERNATIONAL CONFERENCE, 1974, Valencia, Spain. **Proceedings...** Valencia: Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos, 1974. v. 3, p. 1-38.
- YOKOYAMA, W. H. Plasma cholesterol lowering by rice bran oryzanols, sitosterolesters and cholestyramine in hamsters with predominantly LDL lipoprotein cholesterol. In: THE RICE UTILIZATION WORKSHOP, 2001, New Orleans, EUA. **Proceedings...** Houston: USDA, 2001. p. 6-7.
- XU, Z.; HUA, N.; GODBER, S. Antioxidant activity of tocopherols, tocotrienols and gama-oryzanol components from rice bran against cholesterol oxidation accelerated by 2,2'-Azobis (2-methylpropionamide) dihydrochloride. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 49, n. 4, p. 2077-2081, Apr. 2001.
- XU, Z.; HUA, N.; GODBER, S. Antioxidant activity of tocopherols, tocotrienols and gama-oryzanol components from rice bran against cholesterol oxidation accelerated by 2,2'-Azobis (2-methylpropionamide) dihydrochloride. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.49, p.2077-2081, 2001.

