

# INFORME AGROPECUARIO

v. 27 - n. 230 - jan./fev. 2006 ISSN 0100-3364



**EPAMIG**

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais  
Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento

## Soja na alimentação humana e animal



MONSANTO  
imagine™



**PAGAR PELA  
TECNOLOGIA**

Roundup Ready® é tão  
**SIMPLES**  
quanto usar.

Nesta safra, o licenciamento e a cobrança de royalties pelo uso da tecnologia Roundup Ready® estão sendo implementados em todo o País. É muito simples: quem já pagou pela tecnologia Roundup Ready® na compra das sementes estará isento do pagamento na hora da comercialização dos grãos. Mas quem não pagou os royalties na compra das sementes deverá pagar uma compensação pelo uso não autorizado da tecnologia Roundup Ready® na hora de comercializar a produção.

Se você tiver alguma dúvida, ligue: 0800 70 99 188, ou acesse nosso site: [www.monsanto.com.br](http://www.monsanto.com.br)



## Apresentação

Descoberta há cinco mil anos pelos chineses, a soja é um alimento marcante na culinária oriental. Embora os maiores produtores dessa leguminosa sejam os países ocidentais – Estados Unidos (39%), Brasil (27%) e Argentina (17%), grande parte da produção, neste lado do globo, é exportada ou destinada à alimentação animal.

Na indústria alimentícia brasileira, a soja tem sido utilizada, principalmente, como ingrediente emulsificante e estabilizante, na fabricação de embutidos, chocolates, sucos em pó e outros. O sabor exótico da soja ao paladar brasileiro, a falta de tradição de uso dessa leguminosa em nossa culinária e a tentativa de substituí-la por alimentos básicos de nossa dieta, foram alguns dos fatores que contribuíram para o fracasso dos programas de utilização de soja na dieta brasileira na década de 60.

A partir dos anos 90, após a constatação científica de que a soja possui compostos biologicamente ativos, que atuam na prevenção de doenças mantendo a saúde (alimento funcional), tem-se verificado um crescente e significativo interesse por esse grão como fonte alimentar. O incremento na demanda de produtos saudáveis e funcionais está abrindo espaço para mais pesquisas e produção de itens com proteínas de soja. As indústrias brasileiras confirmam essa tendência entre os consumidores brasileiros, revelando que houve crescimento de 12% nas vendas de bebidas prontas à base de soja no Brasil, em 2003, alcançando 73 milhões de litros.

Acompanhando esse cenário, este número do Informe Agropecuário traz esclarecimentos sobre a importância da soja na alimentação humana e animal, com abordagens de suas propriedades funcionais e nutricionais, assim como orientação, de maneira prática, à incorporação dessa leguminosa e de seus derivados no dia-a-dia da dieta brasileira.

Maria Eugênia Lisei de Sá

# Informe Agropecuário

Uma publicação da EPAMIG

v.27 n.230 jan./fev. 2006

Belo Horizonte-MG

## Sumário

Editorial .....	3
Entrevista .....	4
<b>Aspecto socioeconômico da soja</b>	
<i>Bolivar Morroni de Paiva, Rosineila Maria Alves e Nísia Margareth Heleno</i> .....	7
<b>Propriedades funcionais da soja</b>	
<i>Esther Laudanna</i> .....	15
<b>Alternativas da soja na prevenção de doenças</b>	
<i>Maria Eugênia Lisei de Sá</i> .....	19
<b>Propriedades físico-químicas da soja</b>	
<i>José Marcos Gontijo Mandarino, Flávia Helena Bruel e Maria Eugênia Lisei de Sá</i> .....	22
<b>Fatores antinutricionais da soja</b>	
<i>Maria Inés Genovese e Franco M. Lajolo</i> .....	28
<b>Avaliação de segurança alimentar de soja geneticamente modificada para resistência a herbicida</b>	
<i>Marília Regini Nutti, Edson Watanabe e José Luiz Viana de Carvalho</i> .....	34
<b>Soja transgênica: potencial nutricional e funcional</b>	
<i>Neuza Maria Brunoro Costa e Aluizio Borém</i> .....	41
<b>Formas de consumo da soja</b>	
<i>Maria Eugênia Lisei de Sá, Sueli Ciabotti e Maria de Fátima Pícolo Barcelos</i> .....	47
<b>Edamame ou soja-hortalíça: fácil de consumir e muito saudável</b>	
<i>Mercedes Concórdia Carrão-Panizzi</i> .....	59
<b>Soja na alimentação animal</b>	
<i>Edilane Aparecida da Silva, José Reinaldo Mendes Ruas, Francisco Carlos de Oliveira Silva, Mauro Wagner de Oliveira e José Joaquim Ferreira</i> .....	65
<b>A soja em receitas simples e práticas: uma alternativa alimentar nutritiva, saudável e saborosa</b>	
<i>Vera de Toledo Benassi</i> .....	86

ISSN 0100-3364

Informe Agropecuário	Belo Horizonte	v. 27	n. 230	p. 1-92	jan./fev.	2006
----------------------	----------------	-------	--------	---------	-----------	------

© 1977 EPAMIG

ISSN 0100-3364

INPI: 006505007

**CONSELHO DE  
DIFUSÃO DE TECNOLOGIA E PUBLICAÇÕES**

*Baldonado Arthur Napoleão*

*Luiz Carlos Gomes Guerra*

*Manoel Duarte Xavier*

*Álvaro Sevarolli Capute*

*Maria Lélia Rodriguez Simão*

*Artur Fernandes Gonçalves Filho*

*Júlia Salles Tavares Mendes*

*Cristina Barbosa Assis*

*Vânia Lacerda*

**DEPARTAMENTO DE TRANSFERÊNCIA  
E DIFUSÃO DE TECNOLOGIA**

*Cristina Barbosa Assis*

**DIVISÃO DE PUBLICAÇÕES  
EDITOR**

*Vânia Lacerda*

**COORDENAÇÃO TÉCNICA**

*Maria Eugênia Lisei de Sá*

**REVISÃO LINGÜÍSTICA E GRÁFICA**

*Marlene A. Ribeiro Gomide e Rosely A. R. Battista Pereira*

**NORMALIZAÇÃO**

*Fátima Rocha Gomes e Maria Lúcia de Melo Silveira*

**PRODUÇÃO E ARTE**

**Diagramação/formatação:** *Rosângela Maria Mota Ennes,  
Maria Alice Vieira e Fabriciano Chaves Amaral*

**Capa:** *Letícia Martinez*

**Foto da capa:** *Mercedes Concórdia Carrão-Panizzi*  
(Embrapa Soja)

**PUBLICIDADE**

*Décio Corrêa*

Av. José Cândido da Silveira, 1.647 - Cidade Nova

Caixa Postal, 515 - CEP 31170-000 Belo Horizonte-MG

Telefone: (31) 3488-8565

publicidade@epamig.br

**Informe Agropecuário é uma publicação da  
Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais  
EPAMIG**

É proibida a reprodução total ou parcial, por quaisquer meios, sem autorização escrita do editor. Todos os direitos são reservados à EPAMIG.

Os artigos assinados por pesquisadores não pertencentes ao quadro da EPAMIG são de inteira responsabilidade de seus autores.

Os nomes comerciais apresentados nesta revista são citados apenas para conveniência do leitor, não havendo preferências, por parte da EPAMIG, por este ou aquele produto comercial. A citação de termos técnicos seguiu a nomenclatura proposta pelos autores de cada artigo.

Assinatura anual: **6 exemplares**

**Aquisição de exemplares**

**Setor Comercial de Publicação**

Av. José Cândido da Silveira, 1.647 - Cidade Nova

Caixa Postal, 515 - CEP 31170-000 Belo Horizonte - MG

Telefax: (31) 3488-6688

E-mail: publicacao@epamig.br - Site: www.epamig.br

CNPJ (MF) 17.138.140/0001-23 - Insc. Est.: 062.150146.0047

Informe Agropecuário. - v.3, n.25 - (jan. 1977) - . - Belo Horizonte: EPAMIG, 1977 - .  
v.: il.

Cont. de Informe Agropecuário: conjuntura e estatística. - v.1, n.1 - (abr.1975).

ISSN 0100-3364

1. Agropecuária - Periódico. 2. Agropecuária - Aspecto Econômico. I. EPAMIG.

CDD 630.5

O Informe Agropecuário é indexado na  
AGROBASE, CAB INTERNATIONAL e AGRIS

**Governo do Estado de Minas Gerais**  
**Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento**  
**Sistema Estadual de Pesquisa Agropecuária - EPAMIG, UFLA, UFMG, UFV**

**GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

*Aécio Neves da Cunha*

Governador

**SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA,  
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO**

*Silas Brasileiro*

Secretário



**EPAMIG**

**Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais**

**Presidência**

*Baldonado Arthur Napoleão*

**Diretoria de Operações Técnicas**

*Manoel Duarte Xavier*

**Diretoria de Administração e Finanças**

*Luiz Carlos Gomes Guerra*

**Gabinete da Presidência**

*Álvaro Sevarolli Capute*

**Assessoria de Comunicação**

*Roseney Maria de Oliveira*

**Assessoria de Desenvolvimento Organizacional**

*Ronara Dias Adorno*

**Assessoria de Informática**

*Renato Damasceno Netto*

**Assessoria Jurídica**

*Paulo Otaviano Bernis*

**Assessoria de Planejamento e Coordenação**

*José Roberto Enoque*

**Assessoria de Relações Institucionais**

*Artur Fernandes Gonçalves Filho*

**Auditoria Interna**

*Carlos Roberto Ditadi*

**Departamento de Transferência e Difusão de Tecnologia**

*Cristina Barbosa Assis*

**Departamento de Pesquisa**

*Maria Lélia Rodriguez Simão*

**Departamento de Negócios Tecnológicos**

*Artur Fernandes Gonçalves Filho*

**Departamento de Prospecção de Demandas**

*Júlia Salles Tavares Mendes*

**Departamento de Recursos Humanos**

*Flávio Luiz Magela Peixoto*

**Departamento de Patrimônio e Administração Geral**

*Marlene do Couto Souza*

**Departamento de Obras e Transportes**

*Luiz Fernando Drummond Alves*

**Departamento de Contabilidade e Finanças**

*Celina Maria dos Santos*

**Instituto de Laticínios Cândido Tostes**

*Gérson Occhi*

**Instituto Técnico de Agropecuária e Cooperativismo**

*Marcello Garcia Campos*

**Centro Tecnológico do Sul de Minas**

*Edson Marques da Silva*

**Centro Tecnológico do Norte de Minas**

*Marco Antonio Viana Leite*

**Centro Tecnológico da Zona da Mata**

*Juliana Cristina Viecelli de Carvalho*

**Centro Tecnológico do Centro-Oeste**

*Cláudio Egon Facion*

**Centro Tecnológico do Triângulo e Alto Paranaíba**

*Roberto Kazuhiko Zito*

**A EPAMIG integra o  
Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária,  
coordenado pela EMBRAPA**

# Melhoramento genético garante sucesso da soja brasileira

A crescente demanda mundial por proteína, na produção de carne, assim como na de óleos vegetais, tem dado suporte para que a soja se destaque no cenário internacional. Sua produção mundial é de, aproximadamente, 200 milhões de toneladas (safra 2003/2004) e, neste contexto, o Brasil figura como o segundo maior produtor (50 milhões de toneladas).

O melhoramento genético da soja foi, sem dúvida, o principal responsável pelo sucesso dessa oleaginosa no Brasil, mais especificamente na região dos Cerrados. No estado de Minas Gerais, com 53% de seu território em solos sob vegetação de Cerrado, as lavouras de soja vêm apresentando rendimentos crescentes desde os anos 60, quando foram feitos os primeiros plantios.

Em termos nutricionais, o valor da soja prende-se, principalmente, às suas propriedades como alimento protéico e como fonte de óleo de boa qualidade. Inúmeros resultados de estudos dietéticos têm evidenciado os efeitos da soja na redução do colesterol sangüíneo, nos riscos com doenças cardiovasculares e nos sintomas do climatério, quando é uma alternativa à reposição convencional de hormônios.

Esforços têm sido feitos para melhorar os produtos da soja, pela eliminação dos compostos responsáveis pelo cheiro e sabor indesejáveis. Vários estudos permitiram a identificação de genótipos adequados ao consumo humano, selecionados pelos critérios de alto teor de proteína, melhor sabor, reduzido teor de inibidor de tripsina, além de níveis de rendimento aceitáveis.

Tendo em vista a crescente demanda pela utilização de soja como alimento nutracêutico, a EPAMIG e seus parceiros vêm selecionando genótipos de soja mais promissores para o estado de Minas Gerais, com características apropriadas para consumo humano *in natura* e para a indústria de alimentos.

Este Informe Agropecuário apresenta os avanços de estudos clínicos com o uso da soja na redução de riscos de algumas doenças crônicas e degenerativas, assim como da industrialização da soja e seus derivados e da sua incorporação a pratos tradicionais da culinária brasileira, como alternativa para a melhoria da qualidade de vida dos consumidores.

*Baldonado Arthur Napoleão*

Presidente da EPAMIG

# Soja: nutrição e saúde



A engenheira química Ângela Toledo Ma, formada pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU), é pós-graduada em Alimentos Funcionais, pela Unicamp, com MBA em Gestão Empresarial pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). Ângela Ma é diretora-executiva da Good Soy, fabricante de produtos à base de soja, com sede em Uberaba, MG. A Good Soy, empresa do grupo Ma Shou Tao, surgiu da necessidade de criar uma ponte que levasse ao consumidor os resultados das pesquisas sobre a soja. Há 45 anos trabalhando com soja no Brasil, a Ma Shou Tao destaca-se pelo pioneirismo e por trabalhos na área de melhoramento genético para a sojicultura, realizados em parceria com a Embrapa e a EPAMIG.

Nesta entrevista, Ângela Ma ressalta as vantagens do consumo de soja e a necessidade de informação aos consumidores.

**IA** - *O que caracteriza a soja como alimento funcional e quais os seus principais benefícios para a saúde humana?*

**Ângela Ma** – Alimentos funcionais podem ser definidos como alimento ou parte de um alimento que, além dos nutrientes, equilibram ou modulam o organismo, auxiliam na redução do risco de doenças futuras. Não tem como função curar, mas ajudar na prevenção de algumas doenças. A soja, por ser uma leguminosa rica em flavonóides, é tida como um dos mais importantes alimentos funcionais.

Os principais benefícios são:

- prevenção de alguns tipos de câncer (mama, útero, próstata, estômago), doenças cardiovasculares (redução da pressão arterial e do colesterol LDL), doenças do climatério (osteoporose, redução dos sintomas da menopausa), tensão pré-menstrual (TPM), diabetes, etc.;
- fortalecimento do sistema imunológico;
- antioxidante, desaceleração do envelhecimento;
- controle da obesidade.

**IA** - *Qual deve ser o consumo diário de soja para prevenção de doenças em geral?*

**Ângela Ma** – Em 1999, o *Food and Drug Administration* (FDA) emitiu uma declaração de que consumir um mínimo de 25 g de proteína de soja por dia, como parte de uma dieta pobre em gorduras, pode reduzir o risco de doenças coronárias.

Isso equivale à ingestão de, aproximadamente, 50-60 g de soja na forma integral ou o equivalente em outros produtos à base de soja.

**IA** - *Qualquer produto à base de soja representa garantia de ação benéfica à saúde?*

**Ângela Ma** – Para que se garanta uma ação benéfica à saúde, os produtos processados à base de soja devem ter como requisitos básicos:

- matéria-prima de origem controlada ou mesmo certificada;
- controle nos processos de fabricação de modo que preserve as propriedades nutracêuticas da soja, conforme a recomendação do FDA: “Alimentos à base de soja que sustentam essa afirmação devem fornecer um mínimo de 6,25 g de proteína de soja por porção”.

**IA** - *Nesta linha de nutracêuticos, que tipos de produtos de soja já estão disponíveis no mercado?*

**Ângela Ma** – No Brasil, poderíamos citar: extrato de soja ou “leite de soja”, nas formas líquida e em pó, puros e aromatizados, *kinako* ou farinha integral de soja torrada, proteína texturizada de soja (PTS), salgadinhos e *cookies* de soja, farofa temperada de soja, creme de soja, leite condensado de soja, chocolate à base de soja, macarrão, barras de cereais, granolas, iogurtes, sorvetes, pratos congelados (*nuggets*, quibes, hambúrgueres, salsichas, massas, etc.).

**IA** - *Os derivados de soja possuem as mesmas características do grão?*

**Ângela Ma** – É preciso salientar que o único produto que contém as mesmas características do grão é a farinha integral de soja torrada. A maioria dos produtos derivados de soja contém um percentual muito pequeno de soja em sua composição. Por isso, ao escolher um produto de soja, o con-

sumidor precisa analisar muito bem as informações nutricionais, pois nem todos eles atendem aos requisitos que conferem os reais benefícios da soja à saúde.

**IA** - *Qual a maneira mais prática de consumi-los?*

**Ângela Ma** – Depende do produto. Geralmente, quando associado a outros alimentos os produtos de soja são melhor aceitos ao paladar do brasileiro. O importante é que a soja seja consumida de preferência em sua forma integral.

**IA** - *Qual a diferença entre consumir cápsulas de isoflavonas e a farinha integral torrada?*

**Ângela Ma** – As pesquisas mostram que, quando a soja é consumida em sua forma integral, ocorre uma sinergia entre os elementos bioativos dessa leguminosa, ou seja, aumenta a biodisponibilidade desses elementos, fazendo com que sejam mais eficazmente absorvidos do que quando consumidos em suas formas isoladas.

Além disso, sabe-se também que a biodisponibilidade das isoflavonas depende da variedade, localização geográfica da área de produção (altitude, latitude, temperatura) e condições climáticas do ano. E que as isoflavonas somente são absorvidas pelo organismo em suas formas agliconas.

Por todos esses fatores, a farinha de soja integral torrada consumida na porção de três colheres de sopa diárias é uma forma mais garantida de ingerir 60-100 mg de isoflavonas.

**IA** - *Crianças e adultos podem consumir os mesmos tipos de produtos ou há restrições de alguns deles de acordo com a faixa etária?*

**Ângela Ma** – Espelhando-se nos orientais, que consomem produtos à base de soja desde o ventre materno, podemos concluir que quanto mais cedo se adquirir esse hábito, maiores serão os benefícios obtidos desses alimentos. O ideal é que se consuma sempre com a recomendação de seu médico, que determinará, conforme a idade, a quantidade adequada a cada um. Contudo, os pesquisadores do mundo todo são unânimes em afirmar que uma dieta equilibrada deve ser rica em fibras, proteínas, vitaminas e sais minerais.

**IA** - *Qual tem sido a receptividade do consumidor a esses produtos? E a reação dos profissionais de saúde na sua utilização?*

**Ângela Ma** – A receptividade das pessoas depende do conhecimento sobre seus efeitos benéficos, de quanto se preocupam com sua saúde e qualidade de vida, fator crescente em todas as camadas da sociedade. Da mesma forma, os médicos e os profissionais da área de saúde são receptivos, desde que devidamente informados. Isso é relevante, pois são importantes nesse processo, uma vez que são formadores de opinião.

**IA** - *Como está a tendência do mercado de alimentos à base de soja?*

**Ângela Ma** – É uma tendência emergente com um mercado que cresce à taxa de 30% ao ano. A crescente demanda do consumidor por produtos à base de soja, sejam formulados com grão sejam com proteína de soja, está criando oportunidades de desenvolvimento de novos produtos, o que entusiasma o consumidor em relação a alimentos e bebidas cada vez mais palatáveis, numa combinação de sabor, nutrição e conveniência, e os varejistas estão correspondendo a isso.

■ Por Vânia Lacerda

**Ser saudável  
agora ficou  
mais gostoso!!!**

**GOOD  
SOY**

*A griffe da Soja*



- **GOODCOOKIES**  
*Cookies Integrais de Soja*
- **GOODMAIS**  
*Soja em cubinhos*
- **EXTRATO DE SOJA**
- **SOJA EM GRÃO**
- **KINAKO**  
*Farinha de soja integral torrada*
- **FAROFA TEMPERADA DE SOJA**
- **PROTEÍNA TEXTURIZADA DE SOJA**

tel: (34) 3318-1500  
falecom@goodsoy.com.br  
www.goodsoy.com.br



Produtos industrializados com soja da parceria



**GRUPO MA SHOU TAO**

# Aspecto socioeconômico da soja

*Bolivar Morroni de Paiva*<sup>1</sup>

*Rosineila Maria Alves*<sup>2</sup>

*Nísia Margareth Heleno*<sup>3</sup>

Resumo - A soja é a oleaginosa mais cultivada no mundo. Sua importância reveste-se da formação de divisas, tendo a cultura grande relevância no agronegócio brasileiro. O Brasil ocupa o 2º lugar no *ranking* mundial de exportação de soja. A cadeia agro-industrial da soja mostra que, para cada emprego rural, são gerados seis outros postos de trabalho, e que no total da cadeia são gerados 9 milhões de empregos. Na alimentação humana, o óleo é utilizado por quase todos os brasileiros. A soja pode ser empregada nos programas de combate à fome, principalmente onde há carência de proteína, por seu baixo custo e alto teor dessa substância. Na alimentação animal é utilizada tanto na forma natural, como na forma de *lex* na composição de ração e como veículo para aplicação de medicamentos. Ainda pode ser usada na transformação de proteína vegetal em animal, na forma de carnes (bovina, suína e aves) e ovos. Fora do campo da alimentação, é cada vez maior o uso da soja em produtos industriais como glicerina, tintas, sabões, plásticos e tinta para impressão.

Palavras-chave: Economia. Nutrição. *Glycine max*.

## INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) teve origem no Continente Asiático na região da antiga Manchúria, atual China. Dessa região, por seu alto valor alimentício, expandiu-se para outras partes do Oriente, Coréia e Japão. Nos séculos 15 e 16, a soja chegou ao Ocidente. Na América, foi cultivada nos Estados Unidos como planta produtora de grãos e forrageira. No Brasil, chegou à Bahia e espalhou-se para São Paulo (Campinas) e Rio Grande do Sul, onde foi cultivada e tem grande importância até os dias atuais. Hoje, a soja tem maior desenvolvimento no Centro-Oeste brasileiro.

Com o crescimento da produção de soja, cresce também a importância de uma

perspectiva agroindustrial no tratamento de problemas como a questão alimentar e a mudança tecnológica na agricultura. Portanto, torna-se difícil discutir a soja na alimentação humana e animal, em uma perspectiva puramente agrícola, no contexto de uma economia urbanizada e na qual os alimentos industriais ganham espaço crescente na dieta do consumidor. Também não há como tratar a modernização e a eficiência na produção de alimentos sem considerar as múltiplas relações entre agricultura, agroindústria e comércio.

## PRODUÇÃO MUNDIAL

A soja ocupa a primeira posição entre as culturas oleaginosas cultivadas no mundo, totalizando 189.234 mil toneladas mé-

tricas, ou seja, 52% da produção mundial entre as 12 culturas produtoras de óleo vegetal (FAO, 2004).

No Gráfico 1, pode ser visualizada a evolução dos maiores produtores de soja: Estados Unidos (86 milhões/t), Brasil (49 milhões/t), Argentina (32 milhões/t) e a China (18 milhões/t), em 2004 (FAO, 2005).

No Gráfico 2, pode ser observado o rendimento da produção de soja, que é um indicador importante na determinação do caráter intensivo ou extensivo da produção.

Nesse aspecto, o Brasil tem superado os Estados Unidos. Em 2004, o País ficou abaixo, mas pode-se recuperar em 2005, mostrando que o solo, as condições climáticas e a tecnologia do Brasil estão em igualdade ou à frente daquele país.

<sup>1</sup>Adm. Empresas, M.Sc., Pesq. EPAMIG-DPPD, Caixa Postal 515, CEP 31170-000 Belo Horizonte-MG. Correio eletrônico: bolivar@epamig.br

<sup>2</sup>Economista, EPAMIG-DPPD, Caixa Postal 515, CEP 31170-000 Belo Horizonte-MG. Correio eletrônico: rosineila@epamig.br

<sup>3</sup>Economista, EPAMIG-DPPD, Caixa Postal 515, CEP 31170-000 Belo Horizonte-MG. Correio eletrônico: nisiam@epamig.br

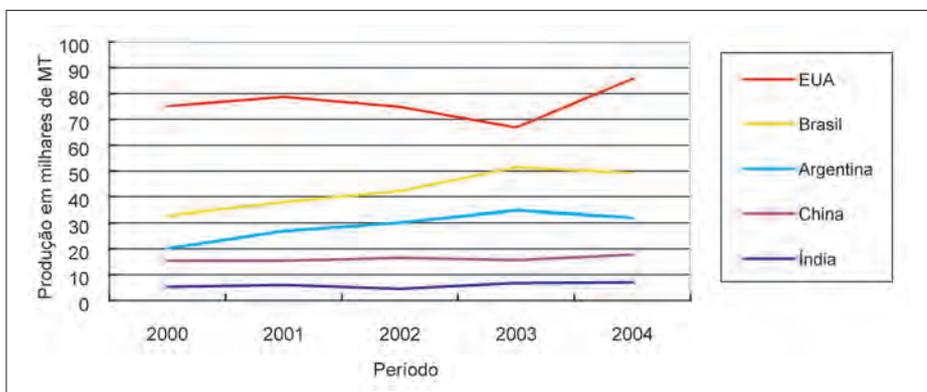


Gráfico 1 - Evolução dos principais países produtores de soja  
 FONTE: FAO (2005).

NOTA: MT – Tonelada métrica.

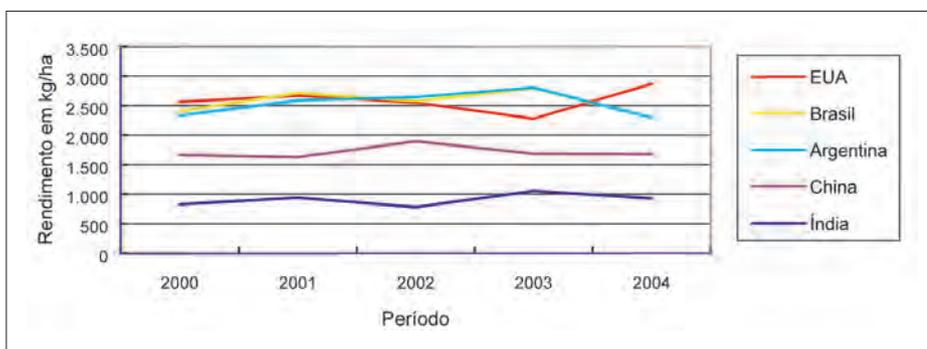


Gráfico 2 - Rendimento da produção dos principais países produtores  
 FONTE: FAO (2005).

## COMÉRCIO EXTERIOR

O Gráfico 3 nos dá um panorama das exportações mundiais de soja, representadas pelos maiores produtores no período de 2000/2003.

Os Estados Unidos são o maior exportador, seguido pelo Brasil e Argentina. As exportações brasileiras de soja em grãos, farelo e óleos, ocorridas no período 2001/2004, podem ser vistas no Quadro 1.

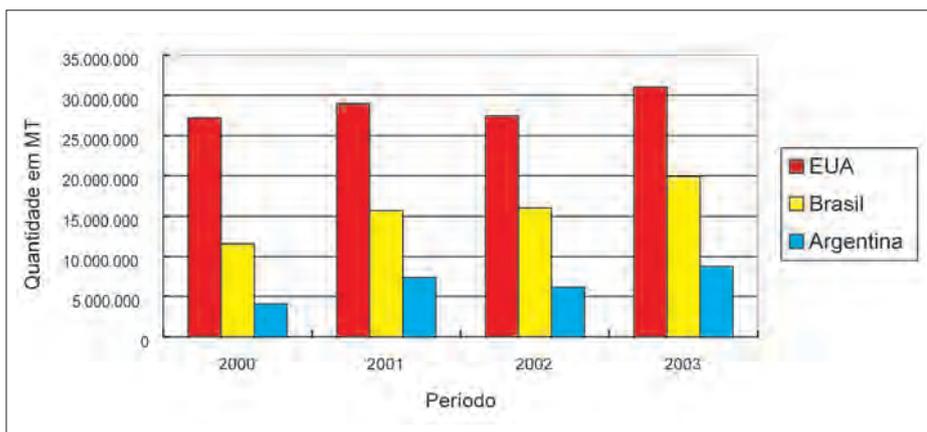


Gráfico 3 - Exportação de soja dos principais países produtores  
 FONTE: FAO (2005).

NOTA: MT – Tonelada métrica.

## Montanhas e vales mineiros:

novo cenário para Vinhos Finos Nacionais

- Produção de material vegetativo isento de viroses
- Assessoria técnica para instalação de vinhedos
- Análises para vinhos e derivados
- Capacitação de mão-de-obra especializada em viticultura e enologia
- Vinícola incubadora de empresas

**EPAMIG**

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais  
 Núcleo Tecnológico EPAMIG UVA e VINHO  
 Av. Santa Cruz, 500 - Caixa Postal 33 - CEP 37780-000 - Caldas - MG  
 Tel.: (35) 3735-1101 - epamig@epamigcaldas.com.br

QUADRO 1 - Exportações brasileiras de soja, por países de destino, no período 2001/2004

Países de destino	2001		2002		2003		2004		<sup>(1)</sup> Jan. 2005	
	Quantidade (t)	Valor FOB (US\$ 1.000)	Quantidade (t)	Valor FOB (US\$ 1.000)						
<b>Grão</b>										
Alemanha	1.573.611	279.418	1.587.799	307.517	2.206.528	493.473	1.635.513	498.239	58.348	11.712
China	3.192.323	537.664	4.142.665	825.475	6.101.943	1.313.073	5.678.005	1.621.736	600	187
Espanha	1.367.763	232.685	1.209.718	223.587	1.569.663	334.061	1.542.159	418.310	53.707	12.013
França	459.045	80.863	501.578	94.540	579.156	130.265	173.982	49.192	-	-
Itália	727.808	120.967	521.300	97.167	773.363	165.066	862.255	240.283	74.540	16.473
Japão	768.490	137.361	712.223	140.013	625.293	140.001	381.047	97.270	65.700	14.056
Países Baixos	3.319.068	590.706	2.946.293	543.969	3.669.291	769.694	3.569.138	962.412	68.275	15.375
Outros	4.267.436	745.845	4.348.426	799.716	4.365.239	944.810	5.405.590	1.517.465	30.777	6.940
<b>Total</b>	<b>15.675.543</b>	<b>2.725.508</b>	<b>15.970.002</b>	<b>3.031.984</b>	<b>19.890.466</b>	<b>4.290.443</b>	<b>19.247.689</b>	<b>5.394.907</b>	<b>351.945</b>	<b>76.756</b>
<b>Farelo</b>										
Alemanha	839.990	152.798	593.224	105.390	902.158	175.239	1.062.345	245.959	45.539	7.801
China	-	-	-	-	-	-	100	36	-	-
Dinamarca	167.035	39.247	46.498	7.725	110.085	21.567	60.218	14.775	18.900	4.112
Espanha	337.005	58.599	454.017	76.706	315.220	57.183	652.643	139.207	59.526	9.826
França	2.717.632	494.521	2.758.033	473.873	2.625.168	490.257	3.021.498	667.513	281.818	51.633
Itália	678.492	131.015	594.052	108.165	656.429	128.501	494.030	115.618	23.296	4.477
Países Baixos	3.153.433	575.555	3.633.451	640.315	3.962.254	758.801	4.088.020	907.774	256.623	45.738
Polônia	62.971	12.155	18.236	3.169	30.030	5.780	-	-	-	-
Outros	3.314.171	601.303	4.419.643	783.517	5.000.814	965.046	5.126.768	1.180.007	369.232	71.163
<b>Total</b>	<b>11.270.729</b>	<b>2.065.192</b>	<b>12.517.154</b>	<b>2.198.860</b>	<b>13.602.158</b>	<b>2.602.374</b>	<b>14.485.621</b>	<b>3.270.889</b>	<b>1.054.934</b>	<b>194.750</b>
<b>Óleo bruto e refinado</b>										
Bangladesh	161.350	46.260	77.465	27.668	91.469	45.481	94.514	51.088	-	-
China	8.000	2.199	299.048	124.833	544.265	268.101	882.866	493.383	23.150	11.662
Irã	404.622	120.807	573.345	225.418	960.328	471.864	636.077	332.565	68.136	33.052
Paquistão	23.300	6.472	3.600	1.241	12.944	6.236	9.850	5.104	-	-
Países Baixos	9.513	2.772	1.404	578	32.209	13.520	59.434	30.898	1.500	711
Hong Kong	6.000	1.776	81.960	34.670	104.928	53.920	44.820	27.606	-	-
Outros	804.003	247.036	897.566	363.651	739.844	373.428	778.916	435.198	67.399	34.285
<b>Total</b>	<b>1.416.787</b>	<b>427.322</b>	<b>1.934.388</b>	<b>778.059</b>	<b>2.485.987</b>	<b>1.232.550</b>	<b>1.506.287</b>	<b>1.375.842</b>	<b>160.184</b>	<b>79.710</b>

FONTE: SECEX (apud CONAB, 2005).

(1) Dados sujeitos a alterações.

A China foi o país que mais importou soja em grão, óleo bruto e refinado, e a França, o farelo de soja, ambos no ano de 2004. Os países maiores importadores de soja no período de 2001 a 2003 foram China, Holanda e Japão, como se pode constatar no Gráfico 4.

## PRODUÇÃO NACIONAL

A produção brasileira em 2004 foi de 49.221.619 toneladas em uma área de 21.479.257 ha e um rendimento de 2.292 kg/ha.

A soja desenvolveu-se mais nos solos do Cerrado, principalmente no Centro-Oeste do Brasil. O estado do Mato Grosso é o maior produtor, com mais de 14 milhões de toneladas, seguido do Paraná, com 10 milhões de toneladas e Goiás com 6 milhões de toneladas. O Rio Grande do Sul, Estado onde a soja foi introduzida e ainda hoje é um dos sustentáculos da economia agrícola desse Estado, ocupa a quarta posição no *ranking* nacional, com 5,5 milhões de toneladas. Seguem o Mato Grosso do Sul com 3,2 milhões, Minas Gerais com 2,7 milhões, Bahia com 2,3 milhões e São Paulo com 1,9 milhão de toneladas (LSPA, 2005).

Com relação aos sistemas de produção, as unidades familiares de produção, maiores responsáveis pela sojicultura orgânica no Estado, apresentam características

favoráveis à adoção da agricultura orgânica. Tem menor incorporação dos agroquímicos e tecnologias de alto impacto ambiental, como o monocultivo e a mecanização intensiva; apresentam menor degradação ambiental, quando comparadas com as propriedades altamente tecnificadas, especializadas e de larga escala; utilizam mão-de-obra familiar, componente importante no manejo orgânico, pois é imprescindível o envolvimento dos agricultores na compreensão e condução de todo o processo produtivo.

Os sojicultores brasileiros estão preocupados com a qualidade do produto. Existem associações de produtores de pequeno porte, que utilizam mão-de-obra familiar com pequeno investimento, e que desejam melhorar a qualidade da soja, conseqüentemente a qualidade de vida. Dessa forma, tem-se verificado a importância da agricultura orgânica como fator determinante na conversão do sistema de produção convencional para orgânico, além da conservação do meio ambiente e sua influência no componente econômico.

É importante destacar que cada emprego rural na cultura é responsável pela geração de seis outros postos de trabalho na cadeia agroindustrial. Na cadeia produtiva da soja, pode-se considerar uma geração de 9 milhões de empregos, uma vez que há,

aproximadamente, 1,5 milhão de pessoas trabalhando na produção, em nível de propriedade agrícola (CRESCIMENTO..., 2004).

## A soja no estado de Minas Gerais

O estado de Minas Gerais ocupa a 6ª posição entre os Estados da federação com uma área colhida, em 2004, de 1.058.953 hectares e uma produção de 2.659.814 toneladas e rendimento de 2.449 kg/ha. A cultura tem desenvolvido mais nas regiões do Triângulo, Alto Paranaíba e Noroeste. Estas três regiões somam 95% da produção e da área colhida de soja no Estado. O rendimento obtido é superior à média nacional em mais de 13% (LSPA, 2005).

O crescimento da soja em Minas Gerais teve reflexo, conforme pode ser observado nos dados do PIB mineiro na agropecuária, que em 1998 foi de 9,83%. A renda *per capita* estadual, na mesma época, foi de US\$3,833. A agricultura de cana-de-açúcar (16.244.126 t), milho (3.858.669 t) e a soja (1.339.901 t). Em 2003, o PIB passou para 10,4% e a soja participou com 1.934.005 t, mostrando um crescimento da cultura em torno de 44,3% em comparação aos dados do PIB de 1998.

## INDUSTRIALIZAÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO

Nas últimas décadas, a soja foi destaque entre as principais culturas no Brasil. O aumento da área cultivada, a produção, o rendimento levou à interiorização, desbravando o Cerrado. Isso levou à abertura de estradas, implantação de vilas, emancipação de municípios, indústria de máquinas e equipamentos, criando estrutura para dar suporte à produção. A agroindústria está localizada em pontos estratégicos para atender aos mercados interno e externo na produção de farelos, farinha, óleo, leite, *blends* e outros produtos. Hoje, ela fornece produtos e subprodutos para outras indústrias específicas em outras atividades não agrícolas, o que tem originado novos produtos, tendo a soja em suas composições.

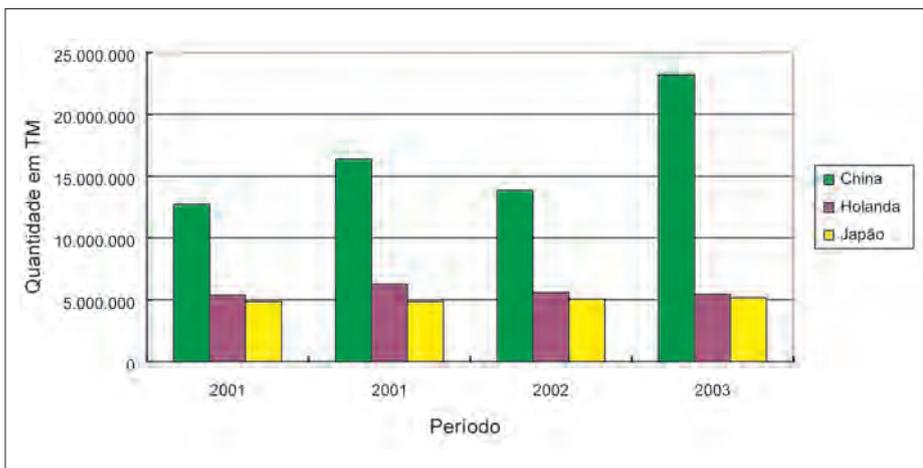


Gráfico 4 - Países maiores importadores de soja

FONTE: FAO (2005).

NOTA: MT – Tonelada métrica.

A importância da soja também se confere em sua versatilidade, podendo dela se extrair, além do grão, óleo e “leite” de alto valor nutricional. Graças às modernas tecnologias de processamento desenvolvidas no Ocidente, a soja tem-se revelado uma importante alternativa alimentar de baixo custo em detrimento de “proteínas caras”, como carne, leite e ovos. São inúmeros os subprodutos da soja que desempenham um papel de grande importância na formação de uma dieta barata, bem balanceada e rica em proteínas.

Do produto sólido extrai-se a proteína crua, originando as farinhas e granulados, e o *lex*, ambos de emprego comestível e industrial. O *lex* é matéria-prima para obtenção dos farelos para ração de animais.

Na forma integral, os produtos da soja são os esponjados utilizados na fabricação de bolos, cereais e produtos de confeitarias. Na forma cozida, têm-se as sementes, brotos de soja e alimentos para gado. Nos derivados de soja, encontram-se as enzimas, analérgicos e dietéticos, queijos, leite e molho de carne.

Do produto soja vaporizada, têm-se as manteigas, cereais de soja, a farinha de soja engordurada e o produto torrado.

Do produto oleaginoso, origina-se o óleo cru, desse extrai-se o óleo refinado e a lecitina, que são de uso comestível e industrial, os esteróis, ácidos graxos, glicerol e outros.

Com relação à tecnologia empregada no Brasil, o processo de esmagamento a partir de 1970, passou a ser por solvente (contínuo), sendo que algumas unidades esmagadoras utilizam a combinação do sistema de prensagem (mecânico) com o solvente, sistema similar ao dos demais países que processam soja. A tecnologia de utilização de farelo e óleo é conhecida desde a década de 30 e ainda não foi superada internacionalmente. Há uma relação técnica entre as proporções de farelo e óleo de soja. Essa relação tem mudado com o progresso técnico e entre uma safra e outra, nos últimos anos, ocorreram variações mínimas de rendimento industrial, sendo que o grão esma-

gado produz em torno de 18,2% a 18,8% de óleo e 77,2% a 78,8% de farelo (ROESSING; GUEDES, 1993).

Na década de 70, o crescimento da produção e o esmagamento da soja foram tão rápidos que colocou o Brasil como o 1º exportador mundial de farelo de soja e o 2º exportador de soja em grão. Os mercados internacionais de soja e seus derivados representaram, na temporada comercial de setembro de 1997 a agosto de 1998, cerca de US\$22,00 bilhões, respondendo o farelo e o óleo por 57% desse total. O Brasil participa com cerca de 20% desse valor, ou seja, US\$4,4 bilhões (ROESSING et al., 2001).

Grande parte das indústrias está localizada junto às zonas produtoras, e o produto é adquirido diretamente do produtor. Algumas firmas mantêm agentes compradores nas regiões de produção, dispõem de depósitos para o recebimento do grão. Nas cooperativas e indústrias, a soja é processada e transformada nos seus subprodutos mais nobres, o farelo e o óleo. Portanto, a demanda de grãos de soja é uma demanda derivada desses produtos.

A indústria brasileira produz farelo de soja, que é ofertado aos mercados interno e externo e utilizado, principalmente, na elaboração de rações para alimentação animal. A demanda de soja é, portanto, uma derivada da demanda de carnes de aves, suínos e bovinos. Os farelos e produtos complementares e alternativos, como a farinha de peixe, farelo de amendoim, farelo de girassol, farelo de algodão e farelo de milho, devem influenciar a demanda de farelo de soja. A demanda do óleo também se decompõe em demanda interna e externa. No caso do óleo, a demanda interna consome mais de 90% da quantidade oferecida e a oferta para o mercado externo é pequena.

Ainda no mercado interno, os principais concorrentes de óleo de soja são os óleos de caroço de algodão, milho e amendoim, embora a utilização do óleo de soja atinja mais de 90% de óleos vegetais comestíveis. No mercado externo, depen-

dendo dos hábitos alimentares, os substitutos do óleo de soja podem ser óleo de oliva, óleo de palma, gorduras animais e outros (ROESSING; GUEDES, 1993).

A soja tem preço mínimo determinado pelo governo, o qual sofre influências do mercado internacional. A formação de preços da soja no Brasil possui forte influência das cotações da Bolsa de Chicago. No mercado interno, também existem causalidades de transmissão de preços entre a soja em grão e os produtos derivados.

Desde a crise do mal da vaca louca e da febre aftosa e, mais recentemente, da gripe do frango na Holanda, em 2003, e agora no Oriente, a União Européia tomou algumas decisões para melhorar a segurança alimentar e a confiança dos consumidores. Entre elas a proibição do uso de proteínas de origem animal na alimentação animal, o que nos dá maior poder de exportação.

## **SOJA NA ALIMENTAÇÃO HUMANA**

A soja, por ser um alimento nutritivo, possui importantes propriedades funcionais. Seu consumo pode ajudar a reduzir riscos de diversas doenças como câncer, doenças cardiovasculares, tensão pré-menstrual e sintomas de climatério (menopausa), osteoporose e diabetes (MANDARINO et al., 2004). É um grão rico em proteína vegetal e corresponde à fonte mais acessível de proteínas de alto valor biológico. Ainda não foi verificada nenhuma fonte de proteína mais viável que a soja, em termos de valor, para a suplementação da cota protéica, deficitária em grande parte da população mundial.

A maior parcela da população mundial sofre carência alimentícia crônica por falta de acesso a uma alimentação balanceada e com alto teor de proteínas. A soja é um alimento saudável e de baixo custo, sendo usada por milhões de pessoas em todo o mundo na forma de óleos comestíveis e muitos outros produtos alimentícios, e apresentada como alternativa ao problema da carência de proteínas.

O Quadro 2 mostra a composição química da soja em relação a outros alimentos.

QUADRO 2 - Comparativo da composição química da soja com outros alimentos

Alimento (100g)	Caloria	Carboidrato (g)	Proteína (g)	Lipídio (g)	Cálcio (mg)	Fósforo (mg)	Ferro (mg)
Soja em grãos	395	30	36,1	17,7	226	546	8,8
Arroz polido	364	79,7	7,2	0,6	9	104	1,3
Trigo integral	353,7	70,1	12,7	2,5	37	386	4,3
Feijão-preto	343,6	62,4	20,7	1,3	145	471	4,3
Carne bovina	111	0	21	3	12	224	3,2
Carne de frango	106,7	0	19,7	3,1	2	200	1,9
Carne de porco	181	0	18,5	11,9	6	220	2
Ovos de galinha	150,9	0	12,3	11,3	73	224	3,1

FONTE: Franco (1986).

NOTA: Análise feita em alimentos crus.

A mistura dos subprodutos da soja com outros cereais tem resultado em novos alimentos protéicos de larga aceitação no mercado, a exemplo dos *blends*, “leite” misto de milho e soja, produzido a partir da farinha de milho, processado com farinha de soja torrada e leite em pó desnatado.

A Organização das Nações Unidas (ONU), em 1994 (FUNDAÇÃO CARGILL, 2001?), já previa que a soja seria a alternativa para o combate ao grande desafio da fome, diante das progressões do aumento populacional. Em seu relatório, existem projeções dramáticas para o crescimento demográfico, pois sem eficiente controle de natalidade, a população mundial poderá dobrar até o ano 2050, chegando a 12,5 bilhões. Ainda que não chegue a esse número, os fantasmas da fome e das doenças causadas por desnutrição crônica ainda persistirão.

Em 1993, na cidade de Parayang, a poucos quilômetros de Cartun, capital do Sudão, morreram de fome mais de 600 mil pessoas. A Etiópia não teve melhor sorte, a fome que devastou o país, em 1994, causou centenas de milhares de óbitos. As crianças foram as maiores vítimas nos dois casos. Os números no Brasil, nos anos 90, também foram alarmantes. A desnutrição crônica, caracterizada pela carência de proteínas, calorias e vitaminas, assume dimen-

sões de endemias e incide em média sobre 15% da população brasileira, atingindo 27% da população do Nordeste e 8% no Sudeste. Aproximadamente, 30% das crianças brasileiras são desnutridas. Não são

apenas crianças as vítimas. Estatísticas publicadas em 1994 (FUNDAÇÃO CARGILL, 2001?) mostraram que o número de idosos que morreram de desnutrição nas regiões metropolitanas cresceu 90% em relação à década passada, aparecendo Belo Horizonte, Rio de Janeiro e Curitiba como as cidades com maior percentual de idosos vítimas de fome, seguidas por Porto Alegre, São Paulo e Recife, também com índices elevados.

O Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (Ipea), em 1993, (FUNDAÇÃO CARGILL, 2001?) divulgou que 31 milhões de pessoas passam fome no Brasil. Diante disso, um programa de expansão da cultura da soja surge como uma grande arma para eliminar os flagelos da fome e da desnutrição, ou pelo menos reduzi-los a números aceitáveis.

A soja é a fonte de proteína mais barata entre os produtos analisados, conforme pode ser observado nos Quadros 3 e 4.

QUADRO 3 - Comparativo de preços da proteína

Produto	Preço do alimento (R\$/kg)	Teor de proteína (%)	Preço da proteína (R\$/kg)
Soja em grão	2,39	40	5,96
Feijão	2,03	20	10,14
Arroz	1,48	7	21,13
Carne bovina	8,23	18	45,70
Carne de frango	2,86	20	14,31
Ovos	2,55	13	19,63
Leite C	1,57	3,2	49,14

FONTE: Carrão-Panizzi e Madarino (1998).

NOTA: Preços atualizados em abril de 2005.

QUADRO 4 - Preços médios de óleos comestíveis

Produto	Quantidade	Preço (R\$)
Óleo de soja	900 mL	2,09
Óleo de milho	900 mL	4,96
Óleo de girassol	900 mL	6,97
Azeite de dendê	900 mL	19,51
Azeite de oliva	900 mL	24,91

NOTA: Preços coletados no mercado de Belo Horizonte em abril de 2005.

## SOJA NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

As proteínas são essenciais em todas as fases da vida animal, como reprodução, gestação, lactação e produção, e também na cobertura de necessidades decorrentes da elaboração de enzimas, hormônios e anticorpos, até mesmo na simples manutenção do peso. Os farelos de soja e o de girassol podem ser utilizados sem restrição na alimentação de animais, com boa palatabilidade, boa digestibilidade, obedecendo às exigências nutricionais de cada animal. Essas proteínas são essenciais à saúde e produção de todos os animais.

Os subprodutos da soja de maior interesse na alimentação animal são farelo e casca. O farelo de soja é um dos ingredientes protéicos mais utilizados em rações animais. Nas rações de suínos e aves, há uma separação da casca da soja, que confere alto valor protéico ao farelo. Já no caso dos ruminantes o valor protéico é menor, devido à inclusão da casca da soja.

Na criação intensiva de ruminantes, os gastos com alimentação representam um dos principais componentes do custo de produção; com gado leiteiro esses gastos podem oscilar entre 30% e 60% dos custos, dependendo do tipo de exploração. A busca de alimentos alternativos e de baixo valor comercial, como os resíduos e subprodutos agrícolas, representa uma forma de minimizar os gastos com alimentação (COSTA, 2005).

A viabilidade da utilização de resíduos e subprodutos agroindustriais como alimentos para ruminantes requer trabalhos de pesquisa e desenvolvimento, visando a sua caracterização, aplicação de métodos de tratamento, determinação de seu valor nutritivo, além de sistemas de conservação, armazenagem e comercialização.

A ração que contém farelo de soja propicia ganhos de 1,26 kg/animal/dia, conversão alimentar de 6,92 kg de matéria seca/kg de ganho, taxa de eficiência protéica de 1,07 kg de PB/kg de ganho e consumo de 8,76 kg de matéria seca/animal/dia, resultando no melhor desempenho, quan-

do comparado ao farelo de algodão e soja integral. A utilização do farelo de soja na dieta de ruminantes está limitada ao seu preço, pois trata-se de um subproduto bastante utilizado nas rações de suínos e aves, além de obter boas cotações no mercado internacional que estimulam a exportação, pressionando a elevação da demanda e dos preços no mercado interno (COSTA, 2005).

Com o aumento da produção de suínos e aves e conseqüente aumento do consumo do farelo de alto valor protéico nos últimos anos, há uma grande disponibilidade de casca de soja no mercado, visto que ela não é utilizada na fabricação desse tipo de farelo. A casca torna-se então uma alternativa interessante para alimentação de ruminantes em razão da não concorrência destes com suínos e aves no consumo desse subproduto. A cada 100 kg de soja processada são produzidos 8 kg de casca (MULRHEAD apud SILVA, 2004).

A utilização de alimentos alternativos pode reduzir drasticamente o custo de produção total, pois possui preços muito inferiores aos dos alimentos tradicionais como milho e soja. A casca de soja possui 80% do valor energético do milho, com teor de fibras muito acima deste. Especialistas argumentam que em virtude das propriedades nutritivas da casca de soja e de seu paladar, esta é um importante ingrediente em dietas para vacas em lactação e bovinos de corte. A recomendação de uso da casca de soja é de 15% a 20% para ruminantes de corte e de 0% a 8% para os de leite. A utilização de milho e soja na produção de aves e suínos torna os preços dessas *commodities* proibitivos para os ruminantes, o que converte à utilização de resíduos agroindustriais interessantes nesse caso. A casca de soja poderá vir a ser uma alternativa suplementar na produção de bovinos de corte, principalmente para bezerros, visando abates precoces, pois a digestão e a qualidade da casca de soja são superiores ao feno do capim-coastcross. A atividade urética da soja não está presente na casca como está no grão. A casca de soja é

uma excelente alternativa para substituição de alimentos caros e tradicionais na produção de ruminantes, porém demandando ainda maior pesquisa no caso dos monogástricos (SILVA, 2004).

O farelo de soja empregado na alimentação animal é tão importante quanto a utilização da farinha de soja comestível na alimentação humana. Nesse caso, podem-se considerar três grandes categorias de produtos protéicos de soja: farinha de soja e semolinas (um tipo mais grosso de farinha), com teor de proteína de 40% a 60%; concentrados de proteínas de soja com, no mínimo, 70% de teor protéico; isolado protéico de soja que contém 90% a 97% de proteínas, forma mais alta de concentração de proteína de soja.

A importância da soja como alimento vai além do consumo direto. Graças à presença imprescindível do farelo de soja nas formulações de rações animais, essa oleaginosa tem a capacidade de transformar a proteína vegetal em proteína animal, garantindo maior disponibilidade de carne, leite e ovos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil pode-se tornar o maior produtor mundial de soja, visto que os Estados Unidos e a Argentina estão com suas áreas de plantio no seu limite. De acordo com as estimativas, o Brasil ainda possui em torno de 50 mil hectares de Cerrado, aproveitáveis para o plantio.

A soja desempenha um papel importante no desbravamento de extensas áreas vazias em diversos Estados brasileiros, contribuindo para a formação de agrupamentos residenciais, a construção de escolas, hospitais e a instalação de energia elétrica, promovendo o desenvolvimento dessas áreas.

O complexo soja, formado por empresas comerciais, propriedades agrícolas, indústrias e empresas prestadoras de serviços, tem contribuído significativamente na geração de empregos, aumento dos recursos financeiros da União, através da arrecada-

ção de tributos, além de movimentar o sistema de transporte rodoviário, ferroviário e portuário. A eficiência desses sistemas não está condizente com o desenvolvimento das safras agrícolas, contribuindo para o aumento dos custos dos produtos, porém, a cadeia agroindustrial da soja brasileira sempre foi considerada um exemplo de sucesso de inserção no mercado mundial.

A proteína da soja é a mais barata e tem o menor custo. Na alimentação humana, o óleo de soja é utilizado por 90% das famílias brasileiras, os outros derivados em menor proporção, pois somos um país sem tradição no consumo da soja, embora órgãos oficiais e organizações não-governamentais têm oferecido cursos para estimular a utilização da soja.

Na alimentação animal, a soja é utilizada na formulação de rações. A proteína da soja tem a possibilidade de ser transformada em carne, ou seja, proteína de origem animal.

## REFERÊNCIAS

CARRÃO-PANIZZI, M.C.; MANDARINO, J.M.G. **Soja**: potencial de uso na dieta brasileira. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1998. 16 p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 113).

CONAB. **Indicadores agropecuários**: exportação complexo soja. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/download/indicadores/0204-export-complexo-soja-e-trigo.pdf>>. Acesso em: 17 maio 2005.

COSTA, N. de L. **A utilização da soja na alimentação de ruminantes**. 2005. Disponível

em: <[http://www.agrolink.com.br/colunistas/pg\\_detalhe\\_coluna.asp?Cod=1125](http://www.agrolink.com.br/colunistas/pg_detalhe_coluna.asp?Cod=1125)>. Acesso em: 5 ago. 2005.

CRESCIMENTO da produção de soja também traz problemas. **Rural**, São Paulo, v.8, n.75, abr. 2004. Disponível em: <[http://www.revistarural.com.br/Edicoes/2004/Artigos/rev75\\_soja.htm](http://www.revistarural.com.br/Edicoes/2004/Artigos/rev75_soja.htm)>. Acesso em: 24 ago. 2005.

FAO. **Agricultural production**: soybeans. Rome, 2004. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 15 mar. 2005.

\_\_\_\_\_. **Agricultural production**: soybeans. Rome, 2005. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 17 maio 2005.

FRANCO, G. **Tabela de composição de alimentos**. 7.ed. Rio de Janeiro: Athenes, 1986. p.145.

[FUNDAÇÃO CARGILL]. **Soja**: uma caminhada sem fim - como a soja conquistou o mundo e o Brasil. Campinas, [2001?]. 95p.

LSPA. Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro: IBGE, v.17, n.3, mar. 2005.

MANDARINO, J.M.G.; BENASSI, V. de T.; CARRÃO-PANIZZI, M.C.; BORDIGNON, J.R. **Trabalhador na transformação caseira de alimentos**: soja. Curitiba: SENAR-PR/Londrina: Embrapa Soja, 2004. 146p.

ROESSING, A.C.; GUEDES, L.C.A. Aspectos econômicos do complexo soja: sua participação na economia brasileira e evolução na região do Brasil Central. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P.I. de M. de (Ed.). **Cultura da soja nos Cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.1-69. Sim-

pósio sobre Cultura da Soja nos Cerrados, Uberaba, MG, 1992.

\_\_\_\_\_; VIEIRA, R. de C.M.T.; LIMA, J.R. de; OLIVEIRA, A.J. de; ALMEIDA, F.A. de. Cadeia produtiva da soja. In: VIEIRA, R. de C.M.T.; TEIXEIRA FILHO, A.R.; OLIVEIRA, A.J. de; LOPES, M.R. (Ed.). **Cadeias produtivas no Brasil**: análise da competitividade. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001. cap. 14, p.335-374.

SILVA, B.A.N. A casca de soja e sua utilização na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.1, n.1, p.59-68, jul./ago. 2004. Disponível em: <[http://www.nutritime.com.br/nutritime/Arquivos/008V1N1P59\\_68\\_JUL2004.pdf](http://www.nutritime.com.br/nutritime/Arquivos/008V1N1P59_68_JUL2004.pdf)>. Acesso em: 15 mar. 2005.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

AGROANALYSIS. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, v.16, n.4, abr. 1996.

ARANTES, N.E.; SOUZA, P.I. de M. de (Ed.). **Cultura da soja nos Cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. 535p. Simpósio sobre Cultura da Soja nos Cerrados, Uberaba, MG, 1992.

HORAN, F.E. Soy protein products and their production. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v.51, n.1, p.67a-73a, Jan.1974.

MELLO, M.L. de. **A proteína da soja na alimentação humana, no passado, presente e futuro**. [s.l.: s.n., 1974].31p. Datilografado. VII Congresso Brasileiro de Nutricionistas e IV Congresso Brasileiro de Nutrição.

SEVERO, R.E. O efeito soja. **Correio do Sul**, Bagé, 2003.

**AVALIAÇÃO DE VARIEDADES MELHORADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Produção de mudas e capacitação técnica para produtores

Avaliação e recomendação de variedades para produção de cachaça, utilização em usinas e alimentação animal.

EPAMIG

Centro Tecnológico do Centro-Oeste  
Rod. MG-424 km 64 - Caixa Postal 295 - CEP 35701-970 - Prudente de Moraes - MG - Telefax: (31) 3773-1980 - e-mail: ctco@epamig.br

# Propriedades funcionais da soja

Esther Laudanna<sup>1</sup>

Resumo - Além de importante fonte de aminoácidos essenciais, a soja é rica em isoflavonas. As isoflavonas foram identificadas, por volta de 1940, como sendo compostos difenólicos muito semelhantes à molécula do estrógeno feminino. Sua aplicação nos sintomas da menopausa e outros distúrbios provocados pelo déficit de estrógenos tem sido objeto de inúmeros trabalhos clínicos e experimentais nos últimos 60 anos. A identificação de povos saudáveis e longevos ao redor do mundo propiciou o entendimento de que o modo de vida aliado à alimentação está implicado no aparecimento de diversas doenças, como o câncer e as doenças cardiovasculares. A soja tem sido empregada no tratamento e controle tanto das hipercolesterolemias, quanto nos sintomas da menopausa, e também como coadjuvante no tratamento de sintomas climatéricos em mulheres com contra-indicação absoluta ao uso de hormonoterapia.

Palavras-chave: *Glycine max*. Fitoterápico. Fitormônio. Isoflavona. SERMS.

## INTRODUÇÃO

A importância dos grãos na dieta humana é historicamente reconhecida. Safras pobres determinaram fome e dizimação ao redor do mundo em diversas épocas. Ainda nos tempos de hoje, a África sofre, em determinadas regiões, com miséria e fome absoluta, devido à safra insuficiente de grãos.

Os ciclos de fartura na agricultura determinaram ciclos de riqueza e desenvolvimento para os povos que dominaram a arte do cultivo e armazenagem.

No mundo moderno, em países desenvolvidos, o problema de saúde que se impõe é o da longevidade saudável. A população européia, americana e alguns grupos na Ásia e Japão estão mais longevos, a vida média passou de 45-50 anos no início do século 20, para 72-75 anos nos fins desse mesmo século.

Viver mais e com saúde é a meta de todos em particular e da saúde pública como programa de longo prazo. O envelhecimento das populações das nações desenvolvidas

gerou alguns problemas de saúde pública, inexistentes até então, como a prevenção do câncer, das doenças osteodegenerativas, doenças cardiovasculares e neurológicas. Na procura por padrões de longevidade saudável, chamou a atenção dos pesquisadores os povos do Mediterrâneo pela longevidade sem doenças coronarianas, os esquimós também pela inexistência de dislipidemias e doenças coronarianas e os japoneses pelo baixo índice de cânceres ginecológicos (AMERICAN DIET ASSOCIATION, 1995; BADGER et al., 2002).

O modo de vida e os hábitos alimentares desses povos passaram a ser estudados por diversos ângulos, sempre fortemente apoiados em dados estatísticos e, a partir desses estudos, surgiram as primeiras evidências, que associaram os alimentos ingeridos habitualmente e o meio ambiente ao surgimento de alguns cânceres (BARNES et al., 1999; HORN-ROSS et al., 2000).

Há 30 anos a *World Health Organization*

(WHO) declarou guerra ao câncer, da mesma forma que nos dias de hoje classificou-se o aumento global da obesidade como epidemia. Nos últimos 40 anos, houve um rápido progresso na documentação estatística de estilo de vida (sedentarismo, obesidade e cigarro) e o aparecimento de câncer. Estudos com modelos animais têm confirmado estas observações. A alimentação passou a ser considerada uma das estratégias para a prevenção de doenças e preservação da saúde a longo prazo.

## ALIMENTO FUNCIONAL

Alimento funcional foi primeiramente conceituado há 20 anos, em 1984, no Japão, como: “alimentos que, além de suas propriedades nutricionais, podem promover benefícios à saúde, prevenindo e/ou controlando doenças”.

Após 1984, quando o conceito de “alimento funcional” foi proposto, alargou-se o campo da pesquisa em nutrição e as aplicações dos alimentos na saúde.

<sup>1</sup>Médica, Pesq. Fundação Médico-Cultural de Gastroenterologia e Nutrição de São Paulo (FUGESP), R. Itacolomi, 601 - Higienópolis, CEP 01239-020 São Paulo-SP. Correio eletrônico: esther@fugesp.org.br

O conhecimento molecular e genético dos componentes de determinados alimentos e de seu mecanismo de ação transformou a ciência da nutrição numa grande confluência de conhecimentos da farmacologia, bioquímica, genética, biotecnologia, toxicologia molecular e da nutrologia propriamente dita.

Os alimentos funcionais podem ser classificados em:

- alimento rico em fibras;
- vitaminas e sais minerais;
- substâncias bioativas: alguns aminoácidos (arginina e glutamina), ácidos nucleares, isoflavonas, resveratrol, gingerol, capsáina;
- ácidos graxos: ômega3, ácidos graxos de cadeia longa insaturados;
- pró e pré-bióticos.

As primeiras evidências que associaram os alimentos e agressões do meio ambiente ao surgimento do câncer foram dados de natureza epidemiológica:

- relativa baixa incidência de cânceres do cólon (no passado), pâncreas, mama e próstata, no Japão, quando comparados aos índices ocidentais;
- significante aumento da incidência de cânceres entre os japoneses que imigraram para os Estados Unidos na pós-guerra;
- mais de 200 estudos epidemiológicos publicados em revistas indexadas mostram uma forte associação entre o baixo consumo de frutas e vegetais e a maior incidência de câncer.

## SOJA E CÂNCER

Todas as plantas apresentam em seus pontos germinais compostos difenólicos identificados pelo nome genérico de fitoestrógenos. Estes compostos foram identificados em 1940, durante um surto de infertilidade entre ovelhas, na Nova Inglaterra. O motivo era o tipo de pasto, composto principalmente de trevos (*Trifolium* sp.), portadores de alta concentração de

formoteína que resulta em isoflavona, após fermentação no estômago dos ruminantes.

A soja, além de suas importantes propriedades nutricionais, é fonte riquíssima de isoflavonas. Vem daí sua importância como “hormônio fraco e seletivo” sobre receptores hormonais femininos.

Em 1996, a *American Society of Nutritional Sciences*, durante o Simpósio sobre fitoquímicos, chamou a atenção para a semelhança entre as estruturas químicas das isoflavonas-agliconas e a estrutura química do 17 $\beta$ -estradiol (Fig. 1).

Kuiper et al. (1998) identificaram um novo receptor estrogênico que chamaram receptor estrogênico beta (ER $\beta$ ), existente nos tecidos femininos, em conjunto com os receptores alfa. A identificação desse novo receptor e a localização dele nos diversos tecidos têm sido de imensa importância para a compreensão da ação clínica da isoflavona-aglicona.

Os receptores hormonais alfa e beta estão localizados nos seguintes órgãos:

- receptores estrogênico do tipo beta: cérebro, timo, pulmão, sistema vascular, próstata, bexiga e ossos;
- receptor estrogênico do tipo alfa: supra renal, rins e testículos;
- receptores estrogênico alfa e beta, porém com predomínio do tipo ER alfa: mama, útero e ovários.

A vida moderna, que requisita a mulher para o estudo e o trabalho, postergou a reprodução para idades mais avançadas e, conseqüentemente, um menor número de filhos. Dessa forma, o tempo que o organismo fica exposto ao “bombardeamento” hormonal é muito longo (COLLABORATIVE GROUP ON HORMONAL FACTORS IN BREAST CANCER, 1997), o que propicia o surgimento dos cânceres hormônio-dependentes. A isoflavona-aglicona com estrutura química quase superponível ao dos estrógenos liga-se aos receptores alfa de forma fraca, atuando assim como antagonista do estrógeno (SHEN et al., 1999; MAROULIS, 2000; ST. GERMAIN, et al., 2001).

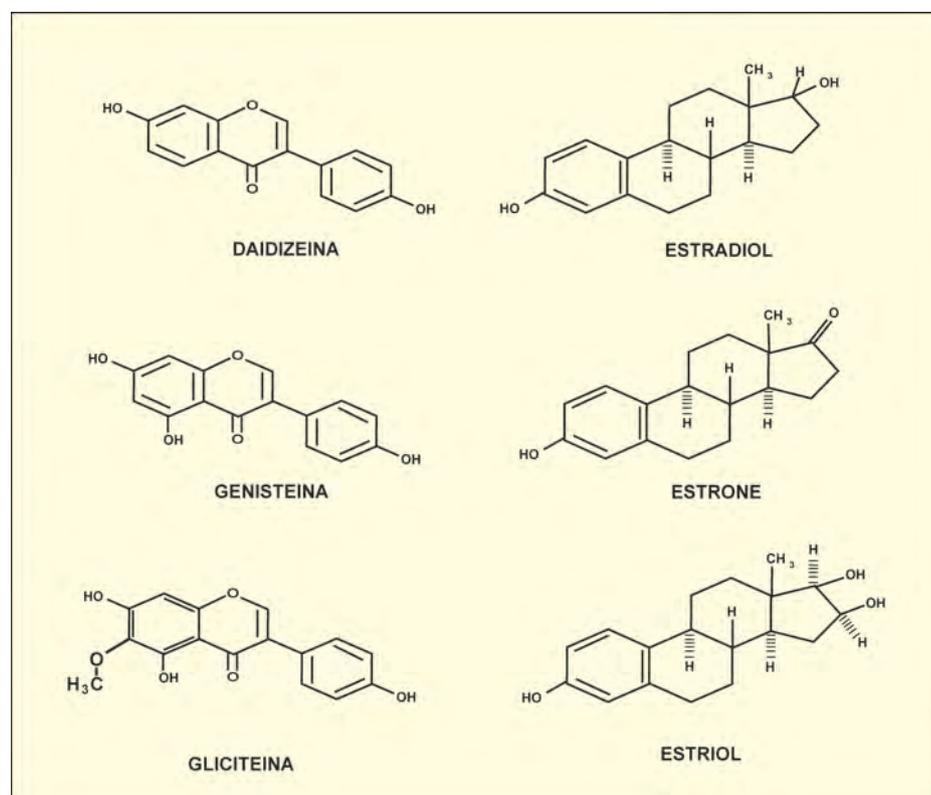


Figura 1 - Comparação entre as estruturas moleculares das formas agliconas da soja e a estrutura molecular dos estrogênios animais

No período menopausal, com a menor oferta de estrógenos, a isoflavona-aglicona ocupa os receptores com maior frequência, atuando nesse momento como agonista do estrógeno, minimizando, assim, os sintomas do climatério.

Os estudos demonstrativos da ação preventiva da soja na eclosão dos cânceres hormônio-dependentes (ANDERSON et al., 2000) são numerosos e alentadores, porém a maioria é feita em modelos animais. As evidências de uma menor incidência de câncer de mama e de útero entre mulheres consumidoras de soja são de origem epidemiológica, válidas, porém não conclusivas.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) reconhece a ação positiva das isoflavonas sobre os fogachos do climatério somente como fitoterápicos, não reconhecendo a ação da soja e produtos derivados como atuantes sobre os sintomas da menopausa.

## SOJA E DOENÇAS CARDIOVASCULARES

A primeira causa de morte nos EUA e nos países industrializados são as doenças coronarianas. Dieta pobre (mal balanceada) combinada com pouco exercício (resultando em obesidade) é a segunda maior causa de mortes no mesmo país.

Os males resultantes da obesidade estão agrupados numa síndrome recentemente identificada: síndrome metabólica. Dentre as várias alterações metabólicas identificadas, a elevação do colesterol tem implicação direta com a doença cardiovascular. É no combate à hipercolesterolemia que as proteínas da soja são especialmente eficientes, diminuindo o colesterol como demonstram vários trabalhos experimentais (CARROLL, 1991; TEEDE et al., 2001) com população humana.

Atualmente, a Anvisa reconhece como alegação de alimento funcional para a soja, somente sua ação benéfica sobre os níveis de colesterol.

## SOJA E MENOPAUSA

Esse assunto foi pesquisado na Disciplina de Ginecologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em 2001 (LAUDANNA et al., 2005). Realizou-se um estudo comparativo entre isolado protéico de soja, rico em isoflavonas, versus terapêutica clássica com reposição hormonal (ALBERTAZZI et al., 1999; EDEN, 1996; KNIGHT; EDEN, 1996; ALBERT et al., 2002).

A população estudada foi constituída de 100 mulheres, das quais 78 apresentaram diagnóstico de menopausa e sintomáticas, em estudo aberto, randomizado, divididas em dois grupos de 50. O grupo A recebeu 60 g da proteína dividida em duas vezes ao dia, misturada ao suco, água ou leite, longe da principal refeição, durante quatro meses, com média etária de  $54,65 \pm 7,24$  anos; tempo de instalação da menopausa de  $5,76 \pm 5,06$  anos; Índice de Massa Corpórea de Quetelet (IMC)  $28,64 \pm 4,5$  kg/m<sup>2</sup>; Índice Menopausal de Kupperman (IK) de  $22,83 \pm 9,62$ . O grupo B recebeu terapia de reposição hormonal (TRH) com 17-beta-estradiol 2 mg + acetato de noretisterona 1 mg durante quatro meses, com média etária de  $52,02 \pm 3,93$  anos; instalação da menopausa de  $4,07 \pm 3,41$  anos; Índice de Massa Corpórea (IMC)  $27,55 \pm 4,03$  kg/m<sup>2</sup>; Índice Menopausal de Kupperman de  $19,94 \pm 8,97$ . As pacientes foram avaliadas clinicamente no início e no final dos quatro meses pelos seguintes parâmetros: pressão arterial (PA), IMC, sintomatologia pelo

IK e efeitos colaterais referidos pela paciente.

As variáveis quantitativas, mensuradas em dois momentos (inicial e final) são apresentadas no Quadro 1. Quando a variável não apresentou distribuição normal, utilizou-se o teste da soma de pontos de Wilcoxon, para comparar os grupos em cada momento analisado. As variáveis quantitativas mensuradas em um único momento (inicial) foram analisadas pelo teste t-Student ( $p < 0,05$ ).

No grupo A, oito pacientes abandonaram o tratamento (16%) e no grupo B, 13 (26,53%). Os efeitos colaterais apresentados pelas pacientes (dados em parênteses) do grupo A foram: flatulência (3); alergia à soja (1) e aumento do ácido úrico (1). No grupo B: retorno da menstruação (6) e mastodínea (4). Os IK iniciais e finais mostraram-se não diferenciáveis, com convergência das curvas para valores significativos de melhora clínica e equivalentes entre si ( $p = 0,001$ ). Os grupos foram estatisticamente bem pareados com IMC e PA equivalentes nas etapas iniciais e finais, quer em cada grupo, quer quando comparados entre os grupos ( $p < 0,05$ ).

Pôde-se concluir desse estudo que a proteína de soja rica em isoflavonas é eficiente no tratamento dos sintomas da menopausa, na mesma magnitude do que sucedeu na TRH, sem as contra-indicações usuais da TRH; existiram reações adversas ligadas à TRH que foram inexistentes no grupo que recebeu proteína de soja.

QUADRO 1 - Variação dos sintomas de climatéricas tratadas com isolado protéico de soja (grupo A) versus terapia de reposição hormonal (grupo B)

Sintoma	Grupo A		Grupo B	
	Inicial	Final	Inicial	Final
Índice de Kupperman	22,83 ± 9,62	6,73 ± 5,58	19,94 ± 8,97	5,41 ± 6,28
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	28,64 ± 4,51	28,62 ± 4,42	27,55 ± 4,04	27,35 ± 3,90
Pressão sistólica (mmHg)	128,76 ± 23,7	127,81 ± 16,59	134,6 ± 21,02	130,83 ± 15,88
Pressão diastólica (mmHg)	81,21 ± 14,6	81,07 ± 13,45	81,42 ± 11,72	80,30 ± 9,73

NOTA: IMC - Índice de Massa Corpórea de Quetelet.

## REFERÊNCIAS

- ALBERT, A.; ALTABRE, C.; BARO, F.; BUENDIA, E.; CABERO, A.; CANELO, M. J.; CASTELO-BRANCO, C.; CHANTRE, P.; DURAN, M.; HAYA, J.; IMBERT, P.; JULIÁ, D.; LANCHARES, J.L.; LLANEZA, P.; MANUBENS, M.; MINÁNO, A.; QUEREDA, F.; RIBES, C.; VÁSQUEZ, F. Efficacy and safety of a phytoestrogen preparation derived from *Glycine max* (L.) Merr in climacteric symptomatology: a multicentric, open, prospective and non-randomized trial. **Phytomedicine**, v.9, n.2, p.85-92, 2002.
- ALBERTAZZI, P.; PANSINI, F.; BOTTAZZI, M.; BONACCORSI, G.; DEALOYSIO, D.; MORTON, M.S. Dietary soy supplementation and phytoestrogen levels. **Obstetrics & Gynecology**, v.94, n.2, p.229-231, Aug. 1999.
- AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION. Phytochemicals and functional foods. **The Journal of the American Dietetic Association**, v.95, 1995.
- ANDERSON, R.F.; AMARASINGHE, C.; FISHER, L.J.; MAK, W.B.; PACHER, J.E. Reduction in free-radical-induced DNA strand breaks and base damage through fast chemical repair by flavonoids. **Free Radical Research**, v.33, 2000.
- BADGER, T.M.; RONIS, M.J.J.; HAKKAK, R.; ROWLANDS, J.C.; KOROURIAN, S. The health consequences of early soy consumption. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v.132, p.559S-565S, 2002.
- BARNES, S.; KIM, H.; JUN, X. Soy in the prevention and treatment of chronic disease. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1999, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 1999. p.295-308. (Embrapa Soja. Documentos, 124).
- CARROLL, K. Review of clinical studies cholesterol-lowering response to soy protein. **Journal of the American Dietetic Association**, v.91, 1991.
- COLLABORATIVE GROUP ON HORMONAL FACTORS IN BREAST CANCER. Breast cancer and hormone replacement therapy: collaborative reanalysis of data from 51 epidemiological studies of 52, 705 women with breast cancer and 108, 411 women without breast cancer. **The Lancet**, v.350, 1997.
- EDEN, J.A. A controlled trial of isoflavones for menopausal symptoms. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE ROLE OF SOY IN PREVENTING AND TREATING CHRONIC DISEASE, 2., 1996, Brussels. **Proceedings...** Brussels, Belgium, 1996.
- HORN-ROSS, P.L.; BARNES, S.; LEE, M.; COWARD, L.; MANDEL, J.E.; KOO, J.; JOHN, E.M.; SMITH, M. Assessing phytoestrogen exposure in epidemiologic studies: development of a database (United States). **Cancer Causes & Control**, v.11, n.4, p.289-298, Abr. 2000.
- KNIGHT, D.C.; EDEN, J.A. A review of the clinical effects of phytoestrogens. **Obstetrics & Gynecology**, v.87, p.897-904, May 1996.
- KUIPER, G.G.J.M.; LEMMEN, J.G.; CARLSSON, B.; CORTON, J.C.; SAFE, S.H.; SAAG, P.T. van der; BURG, B. van der; GUSTAFSSON, J.A. Interaction of estrogenic chemicals and phytoestrogens with estrogen receptor beta. **Endocrinology**, v.139, p.4252-4263, Oct. 1998.
- LAUDANNA, E. et al. **Arquivos Brasileiros de Fitomedicina Científica**, v.3, n.1, abr. 2005.
- MAROUULIS, G.B. Alternatives to estrogen replacement therapy. **Annual New York Academy of Science**, v.900, 2000.
- ST. GERMAIN, A.; PETERSON, C.T.; ROBINSON, J.G.; ALEKEL, D.L. Isoflavone-rich or isoflavone-poor soy protein does not reduce menopausal symptoms during 24 weeks of treatment. **Menopause**, v.8, n.1, p.17-26, Jan. 2001.
- SHEN, F.; XUE, X.; WEBER, G. Tamoxifen and genistein synergistically down-regulate signal transduction and proliferation in estrogen receptor-negative human breast carcinoma MDA-MB-435 cells. **Anticancer Research**, v.19, 1999.
- TEEDE, H.J.; DALAIS, F.S.; KOTSOPOULOS, D.; YU-LU, L.; DAVIS, S.; MCGRATH, B.P. Dietary soy has both beneficial and potentially adverse cardiovascular effects: a placebo-controlled study in men and postmenopausal women. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v.86, n.7, p.3053-3060, July 2001.

# Tecnologias para o café

Broca-do-Café

Doenças do Cafeeiro

Nutrição Mineral, Fertilidade do Solo 2ª Edição

Interação entre as Doenças e o Estado Nutricional do Cafeeiro

Cafés Especiais

Série Documentos

Mudas de Cafeeiro

Bicho-Mineiro do Cafeeiro

Nutrição Mineral, Fertilidade do Solo

Manejo de Plantas Daninhas no Cafezal

**Pedidos: Telefax: (31) 3488 6688**

# Alternativas da soja na prevenção de doenças

Maria Eugênia Lisei de Sá<sup>1</sup>

Resumo - A partir dos anos 90, após a constatação científica de que a soja possui compostos biologicamente ativos, que atuam na prevenção de doenças (alimento funcional), tem-se verificado um crescente e significativo interesse por esse grão como fonte alimentar. Vários estudos científicos comprovam a ação da soja na prevenção de doenças, como problemas de coração, alguns tipos de câncer, osteoporose, mal de Alzheimer e sintomas da menopausa nas mulheres. Além desses benefícios, a soja é uma excelente fonte de proteínas da mais alta qualidade.

Palavras-chave: Alimento funcional. Propriedade funcional. Doença crônico-degenerativa. Prevenção de doença. *Glycine max*.

## INTRODUÇÃO

Do ponto de vista tradicional, o alimento tem como finalidade servir de fonte de energia e nutrientes para formação e manutenção de células e tecidos. A alimentação saudável contempla todas as necessidades do indivíduo em termos de macro e micronutrientes que vão ser utilizados como fonte de energia para o organismo. Contudo, o conceito de alimento deixou de ser abordado simplesmente do ponto de vista nutricional e passou a ser encarado como portador de componentes especiais que oferecem proteção à saúde. Tais componentes são capazes de estimular determinados sistemas biológicos, ocasionando um funcionamento orgânico mais saudável.

A principal motivação para o desenvolvimento de alimentos funcionais nos últimos anos é o reconhecimento da relação entre nutrição x doença, ou seja, a preocupação não apenas com o estado atual da saúde, mas com o estado futuro. Uma outra preocupação são os custos com a saúde pública. Profissionais da área da saúde de diversas partes do mundo afirmam que se os governos não adotarem práticas para

incentivar novos hábitos alimentares, não suportarão os gastos com a saúde das populações que avançam acima dos 60 e 70 anos (SALGADO, 2001). Outro fator está ligado ao interesse econômico das indústrias de alimentos. O mercado mundial de alimentos funcionais aumentou R\$ 32 bilhões em 1999 para R\$ 54 bilhões em 2004 (D'AMBROSIO, 2004). As indústrias brasileiras confirmam essa tendência entre os consumidores, revelando que houve crescimento de 12% nas vendas de bebidas prontas à base de soja no Brasil em 2003, alcançando 73 milhões de litros (ANUÁRIO..., 2004). É esperado que este mercado continue a crescer nos anos subsequentes, de forma mais intensa. Atualmente, grande parte da população concorda que se alimentar com saúde é a melhor maneira de prevenir doenças.

## BENEFÍCIOS DA SOJA

O uso de alimentos funcionais ganhou impulso nos anos 80, como parte do Programa de Redução de Custos de Seguro de Saúde no Japão, tendo em vista o aumento sustentado da esperança de vida da po-

pulação. Esse Programa, denominado *Food for Specified Health Use* (FOSHU), implantado para reduzir despesas com medicamentos, partiu da premissa de que os alimentos deveriam basear-se em ingredientes naturais, ser consumidos como parte da dieta alimentar; e cumprir funções específicas no organismo (GAZZONI, 2005).

O crescente interesse por alimentos denominados genericamente nutracêuticos coloca a soja em uma posição de destaque. A princípio, sua importância nutricional era relacionada exclusivamente com o elevado teor protéico, tendo sido chamada por alguns de "carne vegetal". Atualmente, outros compostos fitoquímicos como as isoflavonas, saponinas, ácidos graxos essenciais (linoléico e linolênico) e vitamina E têm despertado considerável interesse na comunidade científica (SADIA VITA SOJA, 2005?). As isoflavonas, especialmente, têm sido investigadas em laboratórios de diversas partes do mundo. Seus efeitos semelhantes ao estrogênio têm levado vários profissionais da saúde a aceitar as isoflavonas como uma alternativa à terapia de reposição hormonal (TRH). Além disso, existem também mecanismos não

<sup>1</sup>Bióloga, D.Sc., Pesq. EPAMIG-CTTP, Caixa Postal 351, CEP 38001-970 Uberaba-MG. Correio eletrônico: eugenia@epamiguberaba.com.br

hormonais pelos quais as isoflavonas podem exercer efeitos fisiológicos *in vivo* (MESSINA, 2004).

Estima-se que sejam requeridos 10 a 30 anos para que uma célula normal seja alterada para um tumor clinicamente detectável. Durante esse período, as dietas podem influenciar diretamente no período de vida sem câncer, seja removendo os agentes cancerígenos dos suplementos alimentares, reduzindo o consumo de alimentos que aceleram o processo cancerígeno ou aumentando o consumo de alimentos que retardam esse processo (BENNIK, 2001).

Alguns estudos têm evidenciado que o consumo de produtos à base de soja preparados a partir de farinha integral ou desengordurada, ou até mesmo de isolado protéico de soja, previne ou retarda o desenvolvimento de câncer de mama, próstata ou cólon. Embora esses resultados sejam animadores, não há indicativos de que dietas à base de soja possam “curar” o câncer. Portanto, é prudente que se utilizem as modalidades de tratamento convencionais (radioterapia e quimioterapia), quando o câncer já tiver sido diagnosticado. Resultados preliminares sugerem que a soja pode ser um adjuvante útil para o tratamento desses tipos de câncer (BENNICK, 2001).

Diversos estudos relatam que os efeitos cardioprotetores da soja podem ser devido, em parte, a uma variedade de ações, incluindo um impacto favorável do perfil lipídico sérico e a inibição da oxidação da lipoproteína de baixa densidade, conhecida por LDL-colesterol. Outro possível mecanismo é uma alteração no metabolismo hepático, com aumento da remoção do LDL-colesterol (lipoproteína de baixa densidade) e do VLDL-colesterol (lipoproteínas de muito baixa densidade) pelos hepatócitos. A soja também pode reduzir a pressão arterial, a aterosclerose e aumentar a elasticidade

arterial, reduzindo sua hiperatividade (MARANHÃO, 2001).

Com o aumento da expectativa de vida das mulheres e, ao mesmo tempo, com o crescimento dos fatores que agravam as doenças crônicas, como fumo, estresse, vida sedentária e hábito alimentar rico em gordura, a terapia de reposição hormonal nas mulheres na pós-menopausa tem sido cada vez mais importante. Diversos estudos têm demonstrado que a isoflavona é uma alternativa terapêutica nesses casos e que o consumo diário de 45-100 mg (60-100 g de soja) é suficiente para se obter benefícios (HAN et al., 2001). Porém, segundo Salgado (2001), tal quantidade é intolerável para os ocidentais, além de provocar alguns problemas intestinais. Para contornar essa situação, uma equipe de pesquisadores do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP) desenvolveu um alimento na forma de leite em pó que contém as quantidades cientificamente determinadas para substituir os 100 g de soja consumidos diariamente pelas mulheres japonesas, chinesas ou coreanas, nas quais o índice de câncer de mama é quase nulo. O alimento foi batizado com o nome de *Previna*<sup>2</sup>.

Com o envelhecimento, as pessoas perdem cálcio, o que resulta, muitas vezes, em osteoporose. Na menopausa, este processo se agrava com a deficiência hormonal ovariana. Devido sua ação estrogênica, a genisteína (uma das isoformas de isoflavona) da soja pode manter a estrutura óssea. Exames de densimetria óssea comprovam que o consumo de soja retarda a osteoporose decorrente da idade, como também reduz significativamente a perda óssea total (EMBRAPA SOJA, 2004).

As fibras da soja, que ajudam no controle do colesterol, também exercem importante papel na regulação dos níveis de glicose no sangue. As fibras dietéticas presentes na soja fazem com que os nutrientes

da dieta penetrem com menor velocidade na corrente sanguínea, fazendo, assim, com que os níveis de glicose também aumentem mais lentamente. Portanto, pacientes que controlam a doença com dieta ou medicação e, além disso, consomem soja, têm mais chances de regular os níveis de glicose no sangue (EMBRAPA SOJA, 2004).

Estudos clínicos realizados com pacientes diabéticos, submetidos a dietas contendo fibras de soja, evidenciaram que os níveis sanguíneos de glicose foram muito menores do que os que receberam dietas sem fibras de soja (MESSINA et al., 1994).

Para avaliar a interferência da proteína da soja e das isoflavonas sobre o nível sanguíneo de glicose e outros indicadores de risco para doença cardíaca, pesquisadores avaliaram 32 mulheres que já haviam passado da menopausa e sofriam de diabetes tipo 2. A população foi dividida em dois grupos, onde o primeiro consumiu suplemento de soja e o segundo tomou placebo (pílulas inócuas) durante 12 semanas. Após duas semanas em que todas as mulheres se alimentaram normalmente, as voluntárias trocaram de tratamento pelas 12 semanas seguintes. As mulheres usaram um suplemento diário com 30 gramas de proteína de soja mais 132 mg de isoflavonas. O consumo do suplemento de soja foi relacionado com uma redução de 8% no nível de insulina em jejum e uma melhora no controle a longo prazo da glicose sanguínea, provavelmente devido a seus efeitos sobre o colesterol total e sobre o LDL (colesterol “ruim”), concluiu a equipe. O colesterol total caiu cerca de 4% e o LDL caiu 7% em 12 semanas após o uso diário de suplemento de soja (JAYAGOPAL et al., 2002).

A soja também atua no controle do excesso de insulina no sangue, cuja disfunção (hipoglicemia) causa drástica redução da glicose sanguínea. Níveis elevados

<sup>2</sup>Informações técnicas podem ser obtidas pelo telefone 0800-554414.

crônicos de insulina, hormônio fundamental para a regulação do açúcar sanguíneo, aumentam o risco de doença cardíaca e ampliam o efeito da diabete. Um estudo clínico realizado com estudantes de uma faculdade de medicina nos Estados Unidos mostrou que, quando as pessoas ingeriram solução concentrada de glicose seguida de fibras de soja, não houve aumento significativo nos níveis de glicose no sangue, quando comparado com o grupo que recebeu apenas solução concentrada de glicose. Concluiu-se que as fibras de soja adsorveram a glicose ingerida, tornando mais lenta sua liberação para ser absorvida pela corrente sanguínea, causando menor secreção de insulina pelo pâncreas (MESSINA et al., 1994).

O tratamento da doença de Alzheimer (DA) com o uso de hormônio de esteróides, como o estrógeno, tem sido associado à diminuição das incidências desta doença. Entretanto, o mecanismo de ação pelo qual o uso de estrógeno previne e trata a DA ainda é pouco conhecido. O efeito antioxidante, interações imunológicas, aumento dos níveis de apolipoproteína E e alterações do processo precursor de proteína amilóide têm sido atribuídos a possível influência de estrógeno na cascata da DA. Existem ainda evidências que mostram que o estrógeno funciona como modulador de fator de crescimento neurônio-cerebral, atribuindo o potencial do estrógeno para o tratamento da DA.

O estrógeno influencia a expressão de certos genes para a produção do fator de crescimento nural (FCN), substância que retarda a degeneração desses neurônios colinérgicos em modelos animais. Se os estrógenos podem atuar nesse processo, acredita-se que algumas substâncias, como fitoestrógenos, também possam atuar nos pacientes com a DA, retardando e tratando-a.

Com base nessas informações, acredita-se que as isoflavonas possam exercer efeitos benéficos para minimizar esses sinto-

mas. A equipe da Disciplina de Neurologia no Setor de Doença de Alzheimer, da Universidade Federal de São Paulo – Escola Paulista de Medicina (Unifesp-EPM), está iniciando um estudo nesse sentido, porém ainda sem dados conclusivos (HAN et al., 2005).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora diversos relatos sustentados pela literatura apontem para o potencial da soja em reduzir o risco de várias doenças crônicas, em alguns casos, ainda não se conhece uma recomendação definitiva sobre as concentrações que são realmente eficazes. Estudos adicionais são necessários para elucidar o desempenho da soja e de seus componentes químicos no tratamento ou prevenção dessas doenças.

## REFERÊNCIAS

ANUÁRIO BRASILEIRO DA SOJA – 2004. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2004.

BENNIK, M.R. Soybean in the prevention and treatment of cancer. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BENEFÍCIOS DA SOJA PARA A SAÚDE HUMANA, 1., 2001, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2001. p.24-27. (Embrapa Soja. Documentos, 169).

D'AMBROSIO, D. Indústria tenta emplacar os alimentos funcionais. **Valor Econômico**, São Paulo, 22 nov. 2004. Disponível em: <[http://www.portalmedico.org.br/clipping/mostra\\_clipping.asp?id=19770](http://www.portalmedico.org.br/clipping/mostra_clipping.asp?id=19770)>. Acesso em: 26 set. 2005.

EMBRAPA SOJA. [Soja]: benefícios para a saúde. In: \_\_\_\_\_. **Soja na alimentação**. Londrina, 2004. Disponível em: <[http://www.cnpso.embrapa.br/soja\\_alimentacao/index.php?pagina=6](http://www.cnpso.embrapa.br/soja_alimentacao/index.php?pagina=6)>. Acesso em: 26 set. 2005.

GAZZONI, D.L. **Alimentos funcionais**. [2005]. Disponível em: <[http://www.gazzoni.pop.com.br/alimentos\\_funcionais.htm](http://www.gazzoni.pop.com.br/alimentos_funcionais.htm)>. Acesso em: 28 nov. 2005.

HAN, K.K.; BERTOLUCCI, P.; YIM, D.K. **Efeito da isoflavona na doença de Alzheimer**. [2005]. Disponível em: <<http://www.nutrisoy.com.br/htmls/dicas/alzheimer.htm>>. Acesso em: 31 maio 2005.

\_\_\_\_\_; KATI, L.M.; HAIDAR, M. A.; GIRÃO, M. J. B. C.; BARACAT, E. C.; YIM, D. K.; CARRÃO-PANIZZI, M.C. Efeito de isoflavona sobre os sintomas da síndrome do climatério. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BENEFÍCIOS DA SOJA PARA A SAÚDE HUMANA, 1., 2001, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2001. p.28-32. (Embrapa Soja. Documentos, 169).

JAYAGOPAL, V.; ALBERTAZZI, P.; KILPATRICK, E.S.; HOWARTH, E.M.; JENNINGS, P.E.; HEPBURN, D.A.; ATKIN, S.L. Beneficial effects of soy phytoestrogen intake in postmenopausal women with type 2 diabetes. **Diabetes Care**, Indianápolis, v.25, p.1709-1714, 2002.

MARANHÃO, M.F. de C. Benefícios da soja para o coração e a saúde. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BENEFÍCIOS DA SOJA PARA A SAÚDE HUMANA, 1., 2001, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2001. p.21-23. (Embrapa Soja. Documentos, 169).

MESSINA, M. The Science behind soyfoods. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7.; INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING AND UTILIZATION CONFERENCE, 4.; BRAZILIAN SOYBEAN CONGRESS, 3., 2004, Foz do Iguaçu. **Proceedings...** Londrina: Embrapa Soja, 2004. p.73-82. (Embrapa Soja. Documentos, 228).

\_\_\_\_\_; MESSINA, V.; SETCHELL, K. **Soja e diabetes**. Londrina: Embrapa Soja, 2002. 24p. (Embrapa Soja. Documentos, 176). Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/download/doc176.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2005.

SADIA VITA SOJA. **Revisão científica dos benefícios da soja**. Concórdia, [2005?]. 52p.

SALGADO, J.M. **Pharmacía de alimentos: recomendações para prevenir e controlar doenças**. São Paulo: Madras, 2001. 190p.

# Propriedades físico-químicas da soja

José Marcos Gontijo Mandarino<sup>1</sup>

Flávia Helena Bruel<sup>2</sup>

Maria Eugênia Lisei de Sá<sup>3</sup>

Resumo - A soja é um dos alimentos mais antigos utilizados pelo homem. Originou-se na região da Manchúria, oeste da China, de onde foi levada para outros países do Oriente como Coreia, Japão, Indonésia, dentre outros. Com a chegada dos navegadores europeus ao Oriente, a soja foi levada para a Europa e, posteriormente, para as Américas. Apresenta em sua composição elevado teor de proteínas de alto valor biológico, óleo rico em ácidos graxos poliinsaturados, carboidratos, minerais e vitaminas. Diversos compostos fitoquímicos, metabólitos secundários de baixo peso molecular, são sintetizados e armazenados em seus grãos, os quais possuem atividades antiestrogênica e antioxidante, que reduzem os riscos de diversas doenças crônicas e degenerativas.

Palavras-chave: *Glycine max*. Nutriente. Composição centesimal. Composição química. Propriedade funcional.

## INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é reconhecida como uma das mais antigas plantas cultivadas no Planeta. As primeiras citações do grão apareceram no período entre 2883 e 2838 a.C., quando a soja era considerada um dos cinco grãos sagrados, ao lado do arroz, trigo, cevada e milheto, por sua importância na dieta alimentar dos chineses. Alguns autores acreditam que as referências à soja sejam ainda mais antigas (EMBRAPA SOJA, 2004c).

Por séculos, a produção e o consumo de soja ficaram restritos às civilizações orientais, enquanto o Ocidente ignorava sua existência e importância. Foi introduzida na Europa, no final do século 15, nos jardins botânicos reais de países como: Inglaterra, França e Alemanha.

Com o conhecimento do potencial da cultura, do seu teor de óleo e proteína, em

meados da segunda década do século 20, começou o interesse das indústrias alimentícias. Os Estados Unidos iniciaram sua exploração comercial, primeiramente como forrageira e, posteriormente, como grão, enquanto a Rússia, Inglaterra e Alemanha fracassaram nas tentativas de introdução comercial do cultivo do grão (EMBRAPA SOJA, 2002).

A soja chegou ao Brasil oriunda dos EUA, em 1882. Gustavo Dutra, então professor da Escola de Agronomia da Bahia, realizou os primeiros estudos de avaliação de cultivares introduzidas dos EUA. Entre 1900 e 1901, o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) promoveu a primeira distribuição de sementes de soja para produtores paulistas e, nessa mesma data, há registro do primeiro cultivo de soja no Rio Grande do Sul (RS), onde a cultura encontrou efetivas condições para se desenvol-

ver e se expandir, dadas as semelhanças climáticas como ecossistema de origem (sul dos EUA) dos materiais genéticos existentes no País, com as condições climáticas predominantes no extremo sul do Brasil (EMBRAPA SOJA, 2002).

Com o estabelecimento do Programa Oficial de Incentivo à Triticultura Nacional, em meados dos anos 50, a cultura da soja foi igualmente incentivada, por ser, desde o ponto de vista técnico (leguminosa sucedendo gramínea), quanto econômico (melhor aproveitamento da terra, das máquinas/implementos, da infra-estrutura e da mão-de-obra), a melhor alternativa de verão para suceder o trigo cultivado no inverno. Com o rápido desenvolvimento do cultivo da soja no País, a partir dos anos 60, surgiu um novo e agressivo setor produtivo, que necessitava de pesquisa e tecnologias. Assim, em 1975, novos núcleos

<sup>1</sup>Farmacêutico-Bioquímico, M.Sc., Pesq. Embrapa Soja, Caixa Postal 231, CEP 86001-970 Londrina-PR. Correio eletrônico: jmarcos@cnpso.embrapa.br

<sup>2</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, Mestranda Universidade Estadual de Londrina - Dep<sup>o</sup> Agronomia, CEP 86051-990 Londrina-PR. Correio eletrônico: flaviabruel@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Bióloga, D.Sc., Pesq. EPAMIG-CTTP, Caixa Postal 351, CEP 38001-970 Uberaba-MG. Correio eletrônico: eugenia@epamiguberaba.com.br

de pesquisa foram criados no Sul e Sudeste e, nesse momento, foi criado o Centro Nacional de Pesquisa de Soja (CNPSo), da Embrapa, atual Embrapa Soja (EMBRAPA SOJA, 2002).

Considerando a notável conquista da pesquisa brasileira o desenvolvimento de cultivares adaptadas às baixas latitudes dos climas tropicais, pois até 1970, os cultivos comerciais de soja no mundo restringiam-se a regiões de climas temperados e subtropicais, cujas latitudes estavam próximas ou superiores aos 30°. Os pesquisadores brasileiros conseguiram romper essa barreira, desenvolvendo germoplasma adaptado às condições tropicais, viabilizando assim o seu cultivo em qualquer ponto do território nacional (EMBRAPA SOJA, 2004b).

No início, os principais enfoques dos programas de pesquisa de soja brasileiros eram com a produtividade. Com menor ênfase, também buscavam a altura adequada da planta para a colheita mecânica, a resistência ao acamamento e à deiscência das vagens. Somente, a partir dos anos 80, com o advento expressivo de certas doenças, os programas de melhoramento foram direcionados para a busca de resistências às principais doenças (EMBRAPA SOJA, 2002).

Já no final dos anos 90, com os intensos estudos sobre o efeito benéfico para a saúde humana, a soja passou a ser vista como um alimento funcional. Pesquisadores e técnicos da Embrapa Soja trabalharam no desenvolvimento de cultivares de soja mais adequadas ao consumo humano, com sabor mais suave, com hilo mais claro e teores elevados de proteínas, dentre outras características.

## **COMPOSIÇÃO QUÍMICA CENTESIMAL E COMPOSTOS FITOQUÍMICOS**

### **Proteína**

O uso da soja como alimento deve-se, principalmente, ao seu elevado conteúdo protéico (MORAIS, 2001). Atualmente, a

soja é a principal fonte de proteína vegetal com alto valor biológico existente no mundo, com grande oferta e sem concorrência em volume e em acessibilidade. Pela média brasileira, em um hectare cultivado com soja pode-se chegar a produzir 1,2 tonelada de proteína vegetal num prazo de 130 dias (PÍPOLO, 2002).

A maioria das cultivares apresenta um teor médio entre 30% e 45% de proteína (MOREIRA, 1999), sendo constituídas por aminoácidos essenciais (lisina 6,9%, leucina 5,1%, felanina 5,0%, treonina 4,3% e, em menor quantidade, metionina, cistina e triptofano) e não-essenciais (ácido glutâmico 21%, ácido aspártico 12% e, em menor quantidade, a arginina e a tirosina) (TONIOLO; MOSCA, 1991). Esta característica está diretamente relacionada com a fixação biológica do nitrogênio da soja e esse teor altera-se de acordo com as variações de ambiente, principalmente, no que se refere ao regime pluviométrico no período de enchimento de grãos (PÍPOLO, 2002).

A qualidade das proteínas de soja corresponde a 80% do valor biológico das proteínas do leite de vaca. As proteínas da soja apresentam um teor reduzido dos aminoácidos sulfurados, metionina e cistina, e um teor elevado do aminoácido lisina. Por outro lado, os cereais apresentam a composição inversa, tendo, assim, a necessidade da combinação de leguminosas e cereais para se obter uma composição protéica com melhor qualidade (CARRÃO-PANIZZI; MANDARINO, 1998).

Tendo uma importante função em todas as atividades dos organismos vivos, as proteínas, como elementos estruturais ou como biocatalisadores, participam em todo processo biológico, ou seja, em todo nível de organização bioquímica. Elas são enzimas, ou componentes essenciais das enzimas e tomam parte de muitas e diferentes formas na estrutura intracelular do organismo. Os anticorpos são proteínas, como também o são um bom número de hormônios da hipófise. Em combinação com áci-

dos nucléicos, elas transmitem fatores hereditários, e pequenas alterações em suas estruturas podem dar origem a doenças (GOODHART, 1974 apud SILVEIRA et al., 1989).

As propriedades funcionais da soja são normalmente atribuídas às proteínas, contudo nas formas mais cruas (Quadro 1). Outros componentes podem também influenciar os efeitos observados. Nas farinhas e concentrados, por exemplo, os polissacarídeos, bem como as proteínas, absorverão água e, conseqüentemente, esses produtos absorvem mais água do que uma quantidade equivalente de proteína na forma de um isolado. No preparo de análogos de carne, por extrusão de farinha desengordurada de soja, os carboidratos permitem ao produto expandir-se ou inchar para produzir uma textura fibrosa rendada, o que é desejável (WOLF; COWAN, 1975 apud SILVEIRA et al., 1989).

### **Óleo**

Normalmente, as cultivares apresentam entre 15% e 25% de lipídios totais. Esta característica apresenta variação ambiental entre plantas do mesmo genótipo, entre vagens da mesma planta e entre sementes de uma mesma vagem (MIRANDA et al., 1984).

O óleo é o produto da soja mais utilizado na alimentação brasileira. O óleo de soja é o líder mundial dos óleos vegetais, representando entre 20% e 24% de todos os óleos e gorduras consumidas no mundo. No Brasil, esse número eleva-se acima de 50% em produtos alimentícios (MOREIRA, 1999). No óleo de soja, os principais ácidos graxos (expressos como porcentagem do peso dos ésteres metílicos correspondentes), encontram-se, em média, nas seguintes proporções: ácido palmítico, 11,8; ácido oléico, 26,8; ácido linoléico, 46,4; ácido linolínico, 15,0 (TONIOLO; MOSCA, 1991).

Os óleos e as gorduras são a forma mais concentrada de energia nos alimentos e, nesse particular, são duas vezes mais eficientes do que as proteínas, ou os carboi-

QUADRO 1 - Propriedades funcionais das proteínas da soja em sistemas alimentares

Propriedade funcional	Forma de uso da proteína	Sistema alimentar
Emulsificação	F, C, I	Salsichas, lingüiças, pães, bolos, sopas etc.
Estabilização	F, C, I	Coberturas, sobremesas geladas, salsichas, bolinhos, lingüiças, sopas etc.
Absorção de gordura		
Promoção	F, C, I	Salsichas, lingüiças, hambúrgueres etc.
Prevenção	F, I	Biscoitos, panquecas etc.
Absorção de água		
Captação	F, C	Macarrão e produtos de padaria
Retenção	F, C	Pães, bolo etc.
Textura		
Viscosidade	F, C, I	Sopas, molhos diversos
Gelatinização	I	Análogos da carne móida
Formação de flocos e pedaços	F	Análogos da carne
Formação de fatias	F, I	Análogos da carne
Formação de fibras	I	Análogos da carne
Formação de massa	F, C, I	Produtos de padaria
Formação de filme	I	Salsichas
Adesão	C, I	Lingüiças, presuntos, bolos de carne, carne para lanches, carne desidratada etc.
Coesão	F, I	Produtos de padaria, macarrão, análogos da carne etc.
Elasticidade	I	Produtos de padaria, análogos da carne etc.
Controle de cor		
Descoloração	F	Pães
Escurecimento	F	Pães, panquecas, <i>waffles</i>
Aeração	I	Coberturas, misturas para bolo e produtos de confeitarias.

FONTE: Wolf (1970 apud SILVEIRA et al., 1989).

NOTA: F – Farinha; C – Concentrado; I – Isolado.

dratos. São constituintes normais das membranas celulares, os únicos fornecedores de ácidos graxos essenciais e, por isso, desempenham importante função na síntese de prostaglandina. Regulam o nível de lipídeos do sangue, são veículos transportadores de vitaminas lipossolúveis, além de transportar outros compostos, como carotenóides, pigmentos e esteróis (SILVEIRA et al., 1989).

### Carboidratos

Os carboidratos são o segundo componente mais abundante na soja e representam entre 30% e 35% dos componentes do grão. As cultivares de soja apresentam, em média, cerca de 19% de fibras insolúveis, 5% de sacarose, 5% de oligossacarídeos (estaquiose e rafinose) e 5% de outros açúcares (MANDARINO et al., 2000). A glicose ou outros açúcares redutores têm sido

encontrados na soja verde em quantidades apreciáveis, porém desaparecem, quando o grão chega à maturidade. A quantidade relatada tem variado de 17,9% a 30,2% (SILVEIRA et al., 1989).

Por muito tempo, os oligossacarídeos foram considerados fatores antinutricionais, por induzirem a flatulência em humanos e o decréscimo na absorção de nutrientes em animais. Porém, estudos mais

recentes verificaram que estes açúcares favorecem a formação de uma flora bacteriana benéfica no interior do cólon, atuando assim como prebióticos. Eles proporcionam o aumento da população de bifidobactérias, que competem com bactérias nocivas putrefativas, as quais produzem metabólitos, reduzindo, assim, os riscos de câncer de cólon, bem como de outras doenças do sistema digestivo (MORAIS, 2001). Os teores reduzidos dos oligossacarídeos rafinose e estaquiose, de difícil digestão, são características favoráveis ao consumo de soja-verde em comparação com a soja comum (TSOU; HONG, 1991 apud MENDONÇA; CARRÃO-PANIZZI, 2003).

### Vitaminas

Quanto ao conteúdo vitamínico, a soja é boa fonte das vitaminas do complexo B (Quadro 2), com exceção da vitamina B12. Os grãos maduros de soja apresentam teores

reduzidos de  $\beta$  caroteno (pró-vitamina A) e ácido ascórbico (vitamina C) (CARRÃO-PANIZZI; MANDARINO, 1998).

A soja-verde é mais rica em riboflavina, niacina e ácido ascórbico (vitamina C) do que a soja madura, entretanto, a concentração de tiamina (vitamina B<sub>1</sub>) e piridoxina (vitamina B<sub>6</sub>) aumenta com o processo de maturação. Com a germinação há um ganho apreciável em ácido ascórbico, riboflavina (vitamina B<sub>2</sub>) e niacina e, ao ser comparada com cereais, a soja e seus produtos são apenas fontes razoáveis de vitaminas do complexo B (MITCHELL, 1950 apud SILVEIRA et al., 1989).

### Minerais

A soja é um dos alimentos vegetais ricos em minerais como: cálcio, fósforo, magnésio, ferro, zinco, cobalto e cobre (Quadro 3). Em relação ao zinco, há acentuadas evidências experimentais de que o fitato

QUADRO 3 - Concentração de minerais nos grãos de soja e percentual das necessidades nutricionais recomendadas

Mineral	mg/100 g	( <sup>1</sup> )RDA (%)
Cálcio	0,16 – 0,47	39
Fósforo	0,42 – 0,82	77
Magnésio	0,22 – 0,24	66
Zinco	0,37	24
Ferro	0,9 – 1,5	120

FONTE: Smith e Circle (1972 apud CARRÃO-PANIZZI; MANDARINO, 1998).

(1) Com base na Dose diária recomendada – *Recommended Dietary Allowances* (RDA) do *Food and Nutritional Board* (FNB) órgão subordinado à National Academy of Sciences (NAS), Washington, DC para homens adultos de 22 a 35 anos e peso igual a 70 kg.

QUADRO 2 - Conteúdo vitamínico de alguns alimentos vegetais e animais, comparados aos grãos de soja

Alimento (100 g)	Retinol (vitamina A)	Tiamina (vitamina B1)	Riboflavina (vitamina B2)	Niacina	Ácido ascórbico (vitamina C)
	µg			mg	
<b>Vegetais</b>					
Arroz polido	0	88	40	0,775	0
Trigo integral	0	462	256	4,3	0
Milho maduro	23	150	203	2,4	1,3
Feijão-preto	2	540	190	2,1	3
Soja em grão	2	660	2,2	2,2	0,0
<b>Animais</b>					
Carne bovina	5	130	170	5.500	0
Carne de frango	10	80	160	9	0
Fígado de boi	0	950	230	5,1	0
Carne de porco	3,02	235	2,04	16,683	30
Fígado de galinha	4	230	2,56	8	–
Ovos de galinha	530	100	300	0,1	0
Leite de vaca “C”	38	40	653	0,2	1

FONTE: Franco (1986 apud CARRÃO-PANIZZI; MANDARINO, 1998).

pode diminuir a disponibilidade de zinco em animais e em humanos, quando a proteína de soja é a principal fonte de proteína da dieta (SILVEIRA et al., 1989). Cem gramas de grãos de soja contêm, em média, 260 mg de sódio e 740 mg de potássio, o que permite sua recomendação em dietas de pacientes com pressão arterial elevada (CARRÃO-PANIZZI; MANDARINO, 1998).

### Fibras

A fibra dietética consiste em um complexo de substâncias derivadas da parede vegetal, que são indigeríveis pelas enzimas do trato gastrointestinal dos humanos e que incluem as fibras solúveis, tais como hemiceluloses, pectinas e gomas, e as fibras insolúveis, como celulose, alguns tipos de hemicelulose e a lignina (CHANG, 2001).

As fibras da soja têm sido muito empregadas em nutrição enteral. Por constituírem uma mistura de fibras solúveis (30%) e insolúveis, elas têm sido empregadas com diferentes objetivos. São capazes de reduzir o aumento pós-prandial de glicose, mas não interferem no colesterol plasmático; podem atuar no tratamento da constipação intestinal, porém são menos eficientes do que outras fibras, como nas do farelo de trigo; quando acrescidas às dietas enterais, determinam mínimo efeito na viscosidade, facilitando o gotejamento; ajudam na recuperação intestinal e reduzem a incidência de diarreia e constipação. Os isolados proteicos são os derivados de soja que não contêm fibras (MORAIS, 2001).

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A soja é considerada um alimento funcional, porque, além das funções nutricionais básicas, possui efeitos benéficos à saúde, reduzindo os riscos de algumas doenças crônicas e degenerativas. É rica em proteínas de boa qualidade, possui ácidos graxos poliinsaturados e compostos fitoquímicos como: isoflavonas, saponinas, fitatos, dentre outros. Também é uma excelente fonte de minerais como: ferro, cobre, fósforo, potássio, magnésio, manganês

e vitaminas do complexo B (EMBRAPA SOJA, 2004a).

Os efeitos fitoterápicos da soja foram identificados por pesquisadores que observaram que em países do Oriente, onde o consumo diário de soja e derivados é elevado, a incidência de alguns tipos de câncer como: mama, colo do útero e próstata, bem como doenças cardiovasculares, é muito menor do que em países do Ocidente (EMBRAPA SOJA, 2004a).

A *Food and Drug Administration* (FDA), órgão que regulamenta a produção de alimentos e medicamentos nos Estados Unidos, recomenda a ingestão diária de 25 g de proteína de soja, que corresponde à, aproximadamente, 60 g de grãos de soja, para o controle dos níveis sanguíneos de colesterol total e LDL-colesterol reduzindo, assim, os riscos de doenças cardiovasculares como: enfarto, trombose, aterosclerose e acidentes vasculares cerebrais (AVC) (EMBRAPA SOJA, 2004a).

### REFERÊNCIAS

CARRÃO-PANIZZI, M.C.; MANDARINO, J.M.G. Soja: potencial de uso na dieta brasileira. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1998. 16p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 113).

CHANG, Y.K. Alimentos funcionais e aplicação tecnológica: Padaria da Saúde e Centro de Pesquisas em Tecnologia de Extrusão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BENEFÍCIOS DA SOJA PARA A SAÚDE HUMANA, 1., 2001, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2001. p.41-45. (Embrapa Soja. Documentos, 169).

EMBRAPA SOJA. [Soja]: benefícios para a saúde. In: \_\_\_\_\_. **Soja na alimentação**. Londrina, 2004a. Disponível em: <[http://www.cnpso.embrapa.br/soja\\_alimentacao/index.php?pagina=6](http://www.cnpso.embrapa.br/soja_alimentacao/index.php?pagina=6)>. Acesso em: 1 maio 2005.

\_\_\_\_\_. **Soja: cultivares 2005**. Londrina, 2004b. Disponível em: <[http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op\\_page=266&cod\\_pai=149](http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=266&cod_pai=149)>. Acesso em: 1 maio 2005.

\_\_\_\_\_. **Soja: história**. Londrina, 2004c. Disponível em: <[http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op\\_page=112&cod\\_pai=33](http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=112&cod_pai=33)>. Acesso em: 1 maio 2005.

\_\_\_\_\_. **Tecnologias de produção de soja**: Paraná 2003. Londrina, 2002. 195p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 2).

MANDARINO, J.M.G.; CARRÃO-PANIZZI, M.C.; MASUDA, R. Composition content of sugars in soybean seeds of brazilian cultivars and genotypes of Embrapa's germplasm collection. In: INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING AND UTILIZATION CONFERENCE, 3., 2000, Tsukuba. **Proceedings...** Tsukuba: The Japanese Society for Food Science and Technology, 2000. p.77-78.

MENDONÇA, J.L.; CARRÃO-PANIZZI, M.C. **Soja-verde: uma nova opção de consumo**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2003. 8p. (Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico, 20).

MIRANDA, M.A.C. de; SUASSUNA FILHO, J.; BULISANI, E.A.; MASCARENHAS, H.A.; TISSELI FILHO, O.; BRAGA, N.R. Efeito materno e do genótipo sobre o teor de óleo e tamanho de sementes  $F_1$  de soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 3., 1984, Campinas. **Anais...** Campinas: EMBRAPA-CNPSO, 1984. p.309-317. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 7).

MORAIS, A.A.C. de. Usos da soja em medicina. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BENEFÍCIOS DA SOJA PARA A SAÚDE HUMANA, 1., 2001, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2001. p.15-18. (Embrapa Soja. Documentos, 169).

MOREIRA, M.A. Programa de melhoramento genético da qualidade de óleo e proteína da soja desenvolvido na UFV. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1., 1999, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 1999. p.99-104. (Embrapa Soja. Documentos, 124).

PÍPOLO, A.E. **Influência da temperatura sobre as concentrações de proteína e óleo em sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 2002. 128f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SILVEIRA, I.L. da; FLÁVIO, E.F.; OLIVEIRA S.A.M. de. **Soja: o alimento e a nutrição**. Viçosa, MG: UFV, 1989. 58p.

TONIOLO, L.; MOSCA, G. **O cultivo da soja**. Lisboa: Presença, 1991. 95p.

# Edição Especial



## Informe Agropecuario

v. 26 - 2005 - Edição especial ISSN 0100-3334



**EPAMIG**

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

**Cafecultura Familiar**



Assinatura e vendas avulsas

**(31) 3488-6688**



**EPAMIG**

# Fatores antinutricionais da soja

Maria Inés Genovese<sup>1</sup>

Franco M. Lajolo<sup>2</sup>

Resumo - São abordados os principais fatores antinutricionais da soja – os inibidores de proteases, as lectinas, as saponinas, os compostos polifenólicos, os fitatos e os oligosacarídeos da família da rafinose – em relação a sua estrutura química e efeitos biológicos. A maioria dos compostos é inativada termicamente e seu significado nutricional torna-se irrelevante, considerando-se o consumo da leguminosa após processamento adequado. Por outro lado, estudos mais recentes têm-se focado nas atividades biológicas com potencial benéfico para a saúde humana que alguns desses compostos apresentam, tais como anticancerígena e hipocolesterolêmica.

Palavras-chave: *Glycine max*. Inibidor de protease. Lectina. Composto fenólico. Saponina.

## INTRODUÇÃO

A presença de compostos tóxicos ou não nutritivos, comumente conhecidos como fatores antinutricionais, estende-se a todos os grãos de leguminosas, porém alguns são específicos de determinada leguminosa (alcalóides do lupino), enquanto outros estão presentes na maioria das espécies (inibidores de proteases). A seguir, são descritos os fatores antinutricionais mais relevantes da soja, embora, atualmente, o interesse nesses compostos esteja mais voltado para os seus possíveis efeitos benéficos para a saúde humana.

## INIBIDORES DE PROTEASES

A soja é uma fonte importante de proteínas com um dos melhores padrões de aminoácidos essenciais entre as proteínas de origem vegetal e, com exceção dos aminoácidos sulfurados que são limitantes, ela se assemelha bastante ao padrão de aminoácidos essenciais das proteínas de alta qualidade de origem animal. Entretanto,

alguns problemas bioquímicos limitam a total utilização biológica de seus aminoácidos. A baixa digestibilidade das proteínas da soja tem sido documentada, mas as razões para isso não estão bem entendidas e, provavelmente, deva-se a uma combinação de fatores. Os inibidores de proteases são um desses fatores, ao lado da estrutura quaternária compacta de suas principais proteínas de reserva, glicinina e  $\beta$ -conglucina, o que faz com que o tratamento térmico aumente significativamente o seu aproveitamento biológico.

Os inibidores de proteases são proteínas capazes de impedir a ação de algumas proteases, entre elas as enzimas digestivas humanas. São encontrados em uma grande variedade de plantas, incluindo a maioria das leguminosas, cereais, certas frutas (maçãs, bananas e uva seca) e vegetais (couve, pepino, batata, espinafre e tomate). A quantidade de inibidores de proteases depende da variedade, estado fisiológico, infestação por insetos, condições de colheita e arma-

zenamento e danos mecânicos à planta (BURNS, 1987).

Os inibidores de proteases encontrados em leguminosas dividem-se em duas categorias: as do tipo Bowman-Birk e as do tipo Kunitz. Ambos os tipos são proteínas não glicosiladas e são genericamente conhecidos como inibidores de tripsina, pois, geralmente, levam o nome de inibidores da primeira protease contra a qual foram testados, comumente a tripsina. No entanto, sua especificidade não se restringe à tripsina e são capazes de inibir outras serino-proteases, tais como quimotripsina e elastase. Os inibidores do tipo Kunitz possuem peso molecular em torno de 20 kDa, com duas pontes dissulfeto e são específicos para tripsina; enquanto os do tipo Bowman-Birk têm peso molecular que varia de 6 a 10 kDa, com alta porcentagem de ligações dissulfeto e capacidade de inibir tanto quimotripsina como tripsina em sítios de ligação independentes. Isoformas desses dois tipos de inibidores têm sido isoladas

<sup>1</sup>Farmacêutica-Bioquímica, D.Sc., Prof<sup>ta</sup> USP - Dep<sup>o</sup> Alimentos e Nutrição Experimental, Av. Prof. Lineu Prestes, 580, B 14, CEP 05508-900 São Paulo-SP. Correio eletrônico: genovese@usp.br

<sup>2</sup>Farmacêutico-Bioquímico, D.Sc., Prof. Tit. USP - Dep<sup>o</sup> Alimentos e Nutrição Experimental, Av. Prof. Lineu Prestes, 580, B 14, CEP 05508-900 São Paulo-SP. Correio eletrônico: fmlajolo@usp.br

e caracterizadas, apresentando pequenas diferenças na seqüência de aminoácidos, mobilidade eletroforética e especificidade (FUNK et al., 1993; WU; WHITAKER, 1990, 1991; LIENER, 1994; GENOVESE; LAJOLO, 1998a, 1999).

O complexo formado entre inibidor e protease é análogo ao complexo enzima-substrato, mas ao contrário do complexo usual enzima-substrato que se dissocia prontamente em produto e enzima, esse não se dissocia facilmente por possuir uma ligação muito firme entre enzima e inibidor. No entanto, não se sabe por que essas proteínas são inibidoras e não simplesmente substrato para essas enzimas (LIENER, 1994).

A presença de inibidores ativos na dieta, provenientes tanto de soja como de feijão crus, leva à inibição do crescimento de animais experimentais, acompanhada por diminuição da digestibilidade da proteína da dieta, hipertrofia e hiperplasia pancreáticas e, finalmente, morte. A inibição do crescimento é observada mesmo quando os inibidores de tripsina são incorporados em dietas contendo proteína pré-digerida ou aminoácidos livres. Isso ocorre porque a inibição da proteólise intestinal resulta em aumento de secreção das enzimas digestivas como mecanismo compensatório pela complexação destas com os inibidores. No rato, esta hiperestimulação é provocada pelo aumento da liberação do hormônio colecistoquinina (CCK) pelas células endócrinas do jejuno. A colecistoquinina é o agente mediador entre o pâncreas e a tripsina: quando os níveis de tripsina estão depletados, há um aumento na liberação da CCK e, conversamente, a secreção de tripsina pelo pâncreas suprime a liberação de CCK pela mucosa intestinal. Dessa forma, a complexação da tripsina pelos inibidores provoca aumento na produção de CCK, levando à hipertrofia (aumento do tamanho das células acinares) e hiperplasia (aumento no número de células acinares) do pâncreas. As enzimas digestivas secretadas acabam sendo eliminadas nas fezes,

representando uma perda endógena importante de aminoácidos sulfurados. O fato de as proteínas de leguminosas serem deficientes nesses aminoácidos, aumenta o impacto nutricional dos inibidores (GRANT, 1989; LIENER, 1994). A observação de que a complexação prévia dos inibidores com tripsina e/ou quimotripsina não elimina a estimulação da liberação de CCK, nem de secreção pancreática em ratos, indica que a diminuição dos níveis duodenais de proteases não é o único sinal para a secreção de CCK (PUSTZAI et al., 1997).

No entanto, como a soja só é consumida após processamento térmico para torná-la palatável, o efeito dos inibidores seria minimizado, devido a sua inativação. A soja e derivados apresentam um aumento progressivo do coeficiente de eficácia protéica e da digestibilidade aparente com a diminuição da atividade inibitória de tripsina (BURNS, 1987). Sabe-se hoje, que o aumento do valor nutricional da soja com o processamento deve-se não apenas à inativação dos inibidores, mas também das lectinas, e ainda ao aumento da digestibilidade protéica com a desnaturação e conseqüente flexibilização da estrutura.

Os possíveis níveis residuais de inibidores de proteases comumente encontrados parecem não ter nenhum significado para a nutrição humana, considerando-se a ingestão crônica (LAJOLO; GENOVESE, 2002). O tratamento térmico parece eficiente para inativá-los, quando presentes na matriz dos grãos, porém é necessário um controle das atividades inibitórias de tripsina em produtos derivados, tais como isolados protéicos, onde sua estabilidade térmica pode ser maior. O principal significado nutricional dos inibidores estaria relacionado com a baixa biodisponibilidade dos aminoácidos sulfurados, presentes em altos teores em sua composição (GENOVESE; LAJOLO, 1998b, 2001ab).

Atualmente, o interesse nos inibidores está mais focado no seu potencial terapêutico. Os inibidores Bowman-Birk, por exemplo, demonstraram atividade anticarcino-

gênica e antiinflamatória em diversos estudos *in vitro* e em animais (KENNEDY, 1995, 1998ab; WARE et al., 1999). Recentemente, relatou-se efeito inibitório sobre o crescimento e a sobrevivência de células cancerígenas de próstata humana (KENNEDY; WAN, 2002) e a redução de incidência e freqüência de tumores de cólon em ratos tratados com dimetilhidrazina (KENNEDY et al., 2002). Inibidores desnaturados não teriam esse efeito e o mecanismo seria indireto, através da ação na síntese e distribuição dos inibidores de proteases endógenos (LAJOLO et al., 2004).

## LECTINAS

As lectinas, ou fitohemaglutininas, são glicoproteínas presentes em plantas que apresentam diversas propriedades biológicas, entre as quais aglutinação de diferentes tipos de células, tais como linfócitos e eritrócitos. As lectinas ligam-se a carboidratos e moléculas, que contêm carboidratos e a sua especificidade em relação aos açúcares varia de acordo com a fonte. A lectina da soja – *soya bean agglutinin* (SBA), na verdade, constitui uma família de glicoproteínas tetraméricas de 120 kDa (isolectinas), compostas por dois tipos de subunidades levemente diferentes de cerca de 30 kDa cada, apresentando alta afinidade por *N*-acetil-D-galactosamina (quatro sítios de ligação/molécula). As lectinas resistem à proteólise no trato gastrointestinal e ligam-se a receptores de superfície das células epiteliais (BARDOCZ et al., 1995). Cerca de 8% da SBA foi encontrada intacta em forma livre, além da ligada ao epitélio intestinal de ratos (HAJÓS; GELENCSE, 1995). As lectinas purificadas de feijão e de soja inibem o crescimento de animais, provocam aumento do intestino delgado, causam dano ao seu epitélio e estimulam, assim como os inibidores, hipertrofia e hiperplasia do pâncreas. Em doses elevadas, induzem depleção da massa muscular, lípidos e glicogênio (BARDOCZ et al., 1996).

No entanto, as lectinas são facilmente inativadas durante o processamento térmico

co dos grãos, mesmo antes de esses serem considerados comestíveis (DESHPANDE, 1992). As lectinas são mais resistentes ao calor seco e cereais matinais e produtos de panificação que contêm farinha de soja, podem apresentar atividade hemaglutinante residual, porém sem risco para a saúde humana (LIENER, 1994).

Por outro lado, as lectinas parecem ser compostos bioativos com potencial de uso médico promissor, como resultado da sua capacidade de causar hiperplasia do intestino delgado, induzir alterações da flora bacteriana, reduzir o crescimento de tumores do epitélio, prevenir atrofia intestinal durante nutrição parenteral, interferir com a secreção de hormônios e entrar na circulação sistêmica (LAJOLO et al., 2004).

## SAPONINAS

As saponinas são glicosídeos esteroidais ou triterpênicos de plantas e têm a capacidade de hemolisar hemácias e produzir espuma, quando em solução. A soja é a principal fonte de saponinas da dieta, com um conteúdo entre 0,6% e 6,2% (peso seco), dependendo da variedade e dos fatores ambientais (SHIRAIWA et al., 1991). As saponinas da soja são divididas em três grupos: A, B, e E, sendo as do grupo B as principais. Esse grupo é representado pelas saponinas I, II, III, IV, V,  $\beta$ g,  $\beta$ a,  $\gamma$ g,  $\gamma$ a e  $\alpha$ g, sendo que I, II e V seriam formadas durante o processamento a partir de  $\beta$ g,  $\beta$ a e  $\alpha$ g, respectivamente. Esses compostos são estáveis ao processamento térmico. Em 46 variedades de soja americanas encontrou-se um conteúdo total de saponinas do grupo B entre 2,5 e 5,8  $\mu$ mol/g, e entre os derivados protéicos de soja (farinhas, isolados, concentrados e texturizados) de 0,2 a 27,5  $\mu$ mol/g (HU et al., 2002).

Embora capazes de inibir as enzimas digestivas *in vitro*, esse efeito é anulado pela pré-incubação com outras proteínas e, assim, seu significado nutricional *in vivo*, quando presente na dieta, parece ser baixo. De fato, as saponinas da soja são inócuas

para galinhas, ratos e camundongos em doses até três vezes mais elevadas que os teores presentes nos grãos e, atualmente, são mais estudadas, devido aos seus possíveis efeitos benéficos do que antinutricionais (LIENER, 1994).

As saponinas parecem ser os principais compostos envolvidos no efeito hipocolesterolêmico da soja e também demonstraram inibição do desenvolvimento de tumores *in vivo* e *in vitro*, principalmente de câncer de cólon (RAO; SUNG, 1995; KORATKAR; RAO, 1997; OH; SUNG, 2001). As saponinas do grupo B apresentaram atividade anti-invasiva e induziram apoptose em células de glioblastoma humanas SNB19, provavelmente pelo estímulo da liberação de citocromo c e subsequente ativação da cascata de caspase (YANAMANDRA et al., 2003). Também observou-se efeito inibitório em células cancerígenas de mama (ROWLANDS et al., 2002).

## COMPOSTOS POLIFENÓLICOS

As plantas podem apresentar compostos capazes de provocar uma resposta estrogênica em animais experimentais, denominados fitoestrógenos. Os principais fitoestrógenos presentes na soja são as isoflavonas e as coumestanas.

As coumestanas possuem similaridade estrutural com as isoflavonas e são encontradas principalmente em alfafa e, em menor concentração, na soja. As principais coumestanas são o coumestrol (7,12-dihidroxicoumestana) e o 4'-metoxicoumestrol (7-hidróxi-12-metoxicoumestana) (PRICE; FENWICK, 1985). O coumestrol liga-se efetivamente ao receptor de estrógeno e demonstrou diversas atividades estrogênicas antagonistas incluindo efeitos no útero e nos ossos. A alta atividade uterótrópica do coumestrol está associada à presença de grupos hidroxila nas posições 4' e 7, ou seja, o bloqueio desses grupos ou a substituição por hidrogênio resulta numa diminuição significativa da atividade estrogênica (DODGE, 1998). O conteúdo

de coumestrol em sementes de soja é de apenas 0,12 mg/100 g (base seca – b.s.) mas, após germinação, observa-se um aumento de 70 a 150 vezes (PRICE; FENWICK, 1985; LIENER, 1994).

Três isoflavonas são encontradas na soja e nos produtos derivados: daidzeína, genisteína e gliciteína. A sua atividade estrogênica parece resultar do núcleo di-arila similar ao estilbeno, hidroxilado nas posições 4' e 7 (DODGE, 1998). As isoflavonas estão presentes no grão em suas formas conjugadas – malonilglicosídeos e  $\beta$ -glicosídeos desesterificados –, mas durante o processamento podem-se formar acetilglicosídeos e agliconas. As isoflavonas concentram-se no hipocótilo – 1,4 a 1,8 g/100 g (base úmida - b.u.) – da semente de soja, sendo que no cotilédone (0,16 a 0,32 g/100 g b.u.) e na casca (0,01 a 0,02 g/100 g b.u.) são encontradas quantidades significativamente menores; contrário do observado para o coumestrol, que se concentra na casca. O perfil das isoflavonas encontradas no hipocótilo e no cotilédone também é diferente: no hipocótilo encontram-se basicamente daidzina e glicitina, enquanto que no cotilédone há 20 vezes mais genisteína que no hipocótilo (GENOVESE; LAJOLO, 2001c).

O teor total de isoflavonas encontrado para 13 variedades e uma linhagem de soja, desenvolvidas pelo Programa de Melhoramento Genético da Embrapa Soja, variou entre 57 e 188 mg por 100 g (b.u.) de soja, com um valor médio de  $116 \pm 34$  mg/100 g (b.u.) de soja (GENOVESE; LAJOLO, 2005). Em fórmulas infantis não-lácteas variou entre 7 e 20 mg/100 g (b.u.); o das dietas para uso oral ou enteral, contendo proteína isolada de soja, entre 2 e 6 mg/100 g (b.u.); o das bebidas à base de extrato de soja entre 12 e 83 mg/L; o dos produtos à base de extrato de soja em pó entre 9 e 48 mg/100 g (b.u.); o das proteínas texturizadas entre 87 e 100 mg/100 g (b.u.); o do molho shoyu de 5,7 mg/L e o do missô de 20 mg/100 g (b.u.), expresso como agliconas (GENOVESE; LAJOLO, 2002).

Diversas desordens reprodutivas, incluindo infertilidade permanente em vacas e ovelhas, foram associadas à presença de fitoestrógenos em pasto, silagem e rações animais, o que representa perdas econômicas importantes. Esse tipo de resposta fisiológica não foi, no entanto, observada em humanos, indicando que a quantidade presente em nossa dieta não representaria esse tipo de risco (LIENER, 1994). Ao contrário, diversos estudos têm indicado efeitos benéficos das isoflavonas no homem na prevenção e diminuição de cânceres não relacionados com hormônios; efeito protetor contra doenças cardiovasculares; redução dos níveis de colesterol; benefícios no tratamento da osteoporose e alívio de sintomas da menopausa (GENOVESE; LAJOLO, 2001c).

## FITATOS

O ácido fítico (*mio*-inositol hexakisfosfato, IP6) ou seus sais (fitatos) são abundantes em cereais e leguminosas e representam reservas de fosfato para a planta. Na soja e derivados o teor varia de 1% a 1,5% do peso seco (ZHOU; ERDMAN, 1995). Na faixa de pH de 0,5 a 9,0, ele se apresenta em uma forma estericamente estável com o grupo fosfato no carbono 2, na posição axial, e os outros cinco fosfatos, na posição equatorial. Em pH acima de 9,5 ele adota a forma estericamente impedida com cinco fosfatos na posição axial e um na equatorial (SHAMSUDDIN, 2002). A molécula apresenta uma alta capacidade de ligação de cátions, devido aos seis grupos fosfato aniônicos, e a baixa solubilidade de alguns dos sais formados determina sua baixa absorção no trato gastrointestinal (cálcio, ferro, magnésio e zinco). Dessa forma, o principal efeito antinutricional do ácido fítico é a diminuição da biodisponibilidade de minerais. O ácido fítico também interage com grupos básicos de proteínas (como  $\epsilon$ -NH<sub>3</sub> da lisina), inibindo a ação *in vitro* de enzimas digestivas. No entanto, o processamento leva a sua hidrólise formando tri, tetra e pentainositol-fosfato,

cujas capacidades quelantes de minerais é menor (HARLAND; NARULA, 1999). Embora em animais experimentais tenha-se confirmado uma menor biodisponibilidade de minerais, os resultados em seres humanos indicam pouco ou nenhum efeito nas quantidades normalmente presentes na dieta (LIENER, 1994).

O ácido fítico parece ser facilmente absorvido e os metabólitos inositol e IP1 são transportados pelo plasma até órgãos distantes e eliminados na urina. Em humanos, IP6 não metabolizado foi detectado na urina em quantidades de 1% a 3% do total administrado (SHAMSUDDIN et al., 1997; SHAMSUDDIN, 1999).

Mais importante que suas propriedades antinutritivas seria a atividade anticancerígena demonstrada pelo ácido fítico em diversos estudos em animais experimentais e em cultura de células, a qual estaria, ao menos em parte, associada à sua atividade antioxidante resultante da quelação de metais (LAJOLO et al., 2004).

## FATORES DE FLATULÊNCIA

A maior causa da flatulência provocada pelo consumo de leguminosas é a presença de heteroligosacarídeos não-redutores da família da rafinose (rafinose, estaquiase e verbascose). Embora não sejam efeitos prejudiciais à saúde, o mal-estar físico e social gerado acaba sendo um fator importante na limitação do consumo desses grãos, ainda que existam indivíduos não afetados.

Os conteúdos de estaquiase, rafinose e verbascose em farinhas de soja preparadas a partir de grãos de diversos locais de cultivo encontram-se entre 45,9-56,8, 9,9-14,4 e 1,3-2,5 mg/g (b.s.), respectivamente (KARR-LILIENTHAL et al., 2005).

Os problemas gastrointestinais são resultado da inabilidade das enzimas da mucosa intestinal em hidrolisar as ligações  $\alpha$  1,6 entre os resíduos de galactose, característicos desses compostos. Como não são digeridos nem tampouco absorvidos intactos, atingem o cólon onde são fermentados

pela microflora intestinal, o que leva à produção de hidrogênio, metano e dióxido de carbono.

Quando a soja ou o feijão são deixados de molho, com posterior descarte da água, há uma redução significativa dos fatores de flatulência. No entanto, eles são estáveis ao processamento térmico. O cozimento também causa difusão desses açúcares para a água, o que implica no seu descarte, quando se objetiva a redução desses efeitos adversos. Tratando-se de soja, essa prática é comum, porém, raramente realizada para o feijão no Brasil, já que é consumido com caldo (LAJOLO et al., 1996).

## REFERÊNCIAS

- BARDOCZ, S.; GRANT, G.; EWEN, S.W. B.; DUGUID, T.J.; BROWN, D.S.; ENGLYST, K.; PUSTZAI, A. Reversible effect of phytohemagglutinin on the growth and metabolism of rat gastrointestinal tract. *Gut*, Stanford, v.37, p.353-360, 1995.
- \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. PUSZTAI, A.; FRANKLIN, M.F.; CARVALHO, A.D.F.U. The effect of phytohaemagglutinin at different dietary concentrations on the growth, body composition and plasma insulin of the rat. *British Journal of Nutrition*, Wallingford, v.76, p.613-626, 1996.
- BURNS, R.A. Protease inhibitors in processed plant foods. *Journal of Food Protection*, Des Moines, Iowa, v.50, n.2, p.161-165, 1987.
- DESHPANDE, S.S. Food legumes in human nutrition: a personal perspective. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Amherst, v.32, p.333-363, 1992.
- DODGE, J.A. Natural and anthropogenic environmental oestrogens: the scientific basis for risk assessment. *Pure & Applied Chemistry*, Glasgow, v.70, n.9, p.1725-1733, 1998.
- FUNK, A.; WEDER, J.K.; BELITIZ, H.D. Primary structures of proteinase inhibitors from *Phaseolus vulgaris* var. nanus (cv. Borlotto). *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung*, v.196, p.343-350, Apr. 1993.
- GENOVESE, M.I.; HASSIMOTTO, N.M.A.;

- LAJOLO, F.M. Isoflavone profile and antioxidant activity of Brazilian soybean varieties. **Food Science and Technology International**, v.11, n.3, p.205-211, 2005.
- \_\_\_\_\_; LAJOLO, F.M. Atividade inibitória de tripsina do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): avaliação crítica dos métodos de determinação. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.51, n.4, p.386-394, dic. 2001a.
- \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Atividade inibitória de tripsina em produtos derivados de soja (*Glycine max*) consumidos no Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.18, n.3, p.309-312, ago. 1998a.
- \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Inativação de inibidores de proteases em leguminosas: uma revisão. **Boletim da sbCTA**, Campinas, v.34, n.2, p.107-112, 2001b.
- \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Inibidores de tripsina do feijão (*Phaseolus vulgaris*): isoformas e estabilidade térmica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 16., 1998, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 1998b. v.2, p.1335-1338.
- \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Isoflavonas da soja: fatores que influem nos tipos e teores em alimentos. **Food Ingredients**, São Paulo, n.11, p.62-64, mar./abr. 2001c.
- \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Isoflavones in soy-based foods consumed in Brazil: levels, distribution and estimated intake. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v.50, n.21, p.5987-5993, Oct. 2002.
- \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Trypsin inhibitors from beans (*Phaseolus vulgaris* L.): isoforms and thermal property studies by differential scanning calorimetry. In: EUROPEAN CONFERENCE ON GRAIN LEGUMES, 3., 1998, Valladolid, Espanha. **Proceedings...** Paris: Association Européenne de Recherche sur les Protéagineux, 1999. p.174-176.
- GRANT, G. Anti-nutritional effects of soybean: a review. **Progress in Food and Nutrition Science**, v.13, n.3/4, p.317-348, 1989.
- HAJÓS, G.; GELENCSE, E. Biological effects and survival of trypsin inhibitors and the agglutinin from soybeans in the small intestine of the rat. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v.43, p.165-170, 1995.
- HARLAND, B.F.; NARULA, G. Food phytate and its hydrolysis products. **Nutrition Research**, v.19, n.6, p.947-961, 1999.
- HU, J.; LEE, S.O.; HENDRICH, S.; MURPHY, P. Quantification of the group B soyasaponins by high-performance liquid chromatography. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v.50, n.9, p.2587-2594, 2002.
- KARR-LILIENTHAL, L.K.; GRIESHOP, C.M.; SPEARS, J.K.; FAHEY JUNIOR, G.C. Amino acid, carbohydrate, and fat composition of soybean meals prepared at 55 commercial U.S. soybean processing plants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v.53, n.6, p.2146-2150, 2005.
- KENNEDY, A.R. Chemopreventive agents: protease inhibitors. **Pharmacology and Therapeutics**, v.78, p.167-209, 1998a.
- \_\_\_\_\_. The Bowman-Birk inhibitor from soybeans as an anticarcinogenic agent. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.68, p.1406S-1412S, Dec. 1998b.
- \_\_\_\_\_. The evidence for soybean products as cancer preventive agents. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.125, p.733S-743S, 1995.
- \_\_\_\_\_; BILLINGS, P.C.; WAN, X.S.; NEWBERNE, P.M. Effects of Bowman-Birk inhibitor on rat colon carcinogenesis. **Nutrition and Cancer: an international journal**, v.43, n.2, p.174-186, 2002.
- \_\_\_\_\_; WAN, X.S. Effects of the Bowman-Birk inhibitor on growth, invasion, and clonogenic survival of human prostate epithelial cells and prostate cancer cells. **Prostate**, v.2, p.125-133, 2002.
- KORATKAR, R.; RAO, A.V. Effect of soya bean saponins on azoxymethane-induced preneoplastic lesions in the colon of mice. **Nutrition and Cancer: an international journal**, v.27, p.206-209, 1997.
- LAJOLO, F.M.; GENOVESE, M.I. Nutritional significance of lectins and enzyme inhibitors from legumes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v.50, n.22, p.6592-6598, 2002.
- \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. MENEZES, E.W. Qualidade nutricional do feijão. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p.23-56.
- \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. PRYME, I.F.; DALE, T.M. Beneficial (antiproliferative) effects of different substances. In: MUZQUIZ, M.; HILL, G.D.; BURBANO, C.; CUADRADO, C.; PEDROSA, M.M. (Ed.). **Recent advances of research in antinutritional factors in legume seeds and oilseeds**. Wageningen: Wageningen Academic, 2004. p.123-135.
- LIENER, I.E. Implications of antinutritional components in soybean foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.34, p.31-67, 1994.
- OH, Y.J.; SUNG, M.K. Soybeans saponins inhibit cell proliferation by suppressing PKC activation and induce differentiation of HT-29 human colon adenocarcinoma cells. **Nutrition and Cancer: an international journal**, v.39, p.132-138, 2001.
- PRICE, K. R.; FENWICK, G. R. Naturally occurring oestrogens in foods: a review. **Food Additives and Contaminants**, v.2, p.73-106, 1985.
- PUSZTAI, A.; GRANT, G.; BARDOZ, S.; BAINTE, K.; GELENCSE, E.; EWEN, S.W.B. Both free and complexed trypsin inhibitors stimulate pancreatic secretion and change duodenal enzyme levels. **American Journal of Physiology Gastrointestinal and Liver Physiology**, v.35, p.G340-G350, 1997.
- RAO, A.V.; SUNG, M.K. Saponins as anticarcinogens. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v.125, p.S717-S724, 1995.
- ROWLANDS, J.C.; BERHOW, M.A.; BADGER, T.M. Estrogenic and antiproliferative properties

of soy saponins in human breast cancer cells *in vitro*. **Food and Chemical Toxicology**, v.40, p.1767-1774, 2002.

SHAMSUDDIN, A.M. Anti-cancer function of phytic acid. **International Journal of Food Science and Technology**, v.37, p.769-782, 2002.

\_\_\_\_\_. Metabolism and cellular functions of IP6: a review. **Anticancer Research**, v.19, n.5A, p.3733-3736, 1999.

\_\_\_\_\_; VUCENIK, I.; COLE, K.E. IP6: a novel anti-cancer agent. **Life Sciences**, v.61, n.4, p.343-354, 1997.

SHIRAIWA M.; HARADA, K.; OKUBO, K. Composition and structure of group-B saponin in soybean seed. **Agricultural and Biological Chemistry**, v.55, n.4, p.911-917, Apr. 1991.

WARE, J.H.; WAN, X.S.; NEWBERNE, P.; KENNEDY, A.R. Bowman-Birk inhibitor concentrate reduces colon inflammation in mice with dextran sulfate sodium-induced ulcerative colitis. **Digestive Diseases and Sciences**, v.44, p.986-990, 1999.

WU, C.; WHITAKER, J.R. Homology among trypsin/chymotrypsin inhibitors from red kidney bean, Brazilian pink bean, lima bean and soybean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v.39, n.9, p.1583-1589, 1991.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Purification and partial characterization of four trypsin/chymotrypsin inhibitors from red kidney beans (*Phaseolus vulgaris*, var. Linden). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v.38, n.7, p.1523-1529, 1990.

YANAMANDRA, N.; BERHOW, M.A.; KONDURI, S.; DINH, D.H.; OLIVERO, W.C.; NICOLSON, G.L.; RAO, J.S. Triterpenoids from *Glycine max* decrease invasiveness and induce caspase-mediated cell death in human SNB19 glioma cells. **Clinical & Experimental Metastasis**, v.20, p.375-383, 2003.

ZHOU, J.R.; ERDMAN, J.W. Phytic acid in health and disease. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.35, n.6, p.495-508, 1995.

Veja no próximo

# INFORME AGROPECUÁRIO

## AZEITONA E AZEITE DE OLIVA: TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO

- Aspectos econômicos da produção e comercialização de azeite de oliva e azeitonas
- Caracterização de variedades de oliveira
- Produção de mudas e sistema de plantio de oliveira
- Adubação e nutrição
- Principais pragas e doenças
- Elaboração de azeitona de mesa e de azeite de oliva de qualidade

Leia e Assine o INFORME AGROPECUÁRIO

(31) 3488-6688

publicacao@epamig.br

# Avaliação de segurança alimentar de soja geneticamente modificada para resistência a herbicida

Marília Regini Nutti<sup>1</sup>  
Edson Watanabe<sup>2</sup>  
José Luiz Viana de Carvalho<sup>3</sup>

Resumo - Muitos alimentos tradicionais são considerados seguros, embora possam não ser sob determinadas circunstâncias, isto é, reconhece-se que alimentos podem conter vários antinutrientes e toxinas que, em certos níveis de consumo, podem induzir efeitos deletérios em seres humanos e animais. Historicamente, um alimento preparado e utilizado de maneira tradicional é considerado seguro com base na experiência adquirida ao longo do tempo. Atualmente, em países onde a comercialização de alimentos transgênicos é permitida, estes, antes de serem aprovados para consumo, são submetidos a um processo de avaliação de segurança constituído por diversos tipos de estudos: moleculares, agrônômicos, toxicológicos, de composição, de alergenicidade, de nutrição animal e de impacto ambiental. A aplicação desse tipo de análise não constitui, por si só, avaliação de segurança, mas ponto de partida, auxiliando na identificação de similaridades e possíveis diferenças entre o alimento convencional e o novo produto, direcionando os passos subsequentes a serem realizados. Discute-se a avaliação de segurança alimentar de alimentos geneticamente modificados, tomando como exemplo a soja Roundup Ready resistente ao herbicida glifosato, desenvolvida pela Monsanto.

Palavras-chave: *Glycine max*. Biotecnologia. Biossegurança. Alimento. Engenharia genética. Transgênico. OGM.

## INTRODUÇÃO

O homem cultiva plantas há milhares de anos, continuamente selecionando-as quanto ao seu rendimento, desenvolvimento, resistência a doenças ou outras características benéficas. O melhoramento de plantas constitui um empreendimento excepcionalmente bem-sucedido, que tem gerado os modernos produtos agrícolas de alto

rendimento, dos quais hoje dependemos (ATHERTON, 2002).

Até recentemente, os melhoristas dependiam de métodos empíricos para atingir seus objetivos. Com o advento da biologia molecular e da biotecnologia, tornou-se possível identificar não só a característica fenotípica desejável, mas também o material genético responsável por essa característica.

O uso de técnicas de transformação e de DNA recombinante tem possibilitado a alteração da composição de plantas (lipídios, carboidratos, proteínas), indo além do que é possível obter com as técnicas de melhoramento tradicional (THOMAS; FUCHS, 2002).

A atual discussão sobre o uso de organismos geneticamente modificados está

<sup>1</sup>Eng<sup>a</sup> Alimentos, M.Sc., Pesq. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Av. das Américas, 29.501, Guaratiba, CEP 23020-470 Rio de Janeiro-RJ. Correio eletrônico: marilia@ctaa.embrapa.br

<sup>2</sup>Eng<sup>a</sup> Alimentos, Ph.D., Pesq. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Av. das Américas, 29.501, Guaratiba, CEP 23020-470 Rio de Janeiro-RJ. Correio eletrônico: edswat@ctaa.embrapa.br

<sup>3</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, M.Sc., Pesq. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Av. das Américas, 29.501, Guaratiba, CEP 23020-470 Rio de Janeiro-RJ. Correio eletrônico: jlvc@ctaa.embrapa.br

concentrada em alguns produtos agrícolas, que chegaram ao mercado como resultado da “primeira onda” da engenharia genética. Esses produtos, que apresentam características como tolerância a herbicidas e resistência a insetos, trouxeram pequenos benefícios aos consumidores.

A “segunda onda” (alimentos funcionais) trará ao mercado produtos com novas características, que promovam melhoras na saúde do consumidor, como a soja com alto conteúdo de ácido oléico.

Mas a maior revolução na produção agrícola é esperada com a “terceira onda” (biofábricas), que trará produtos que contêm medicamentos e outros componentes importantes para a saúde humana e produção animal, o que poderia resultar numa revolução da saúde promovida por produtos geneticamente modificados (PORTUGAL et al., 2001).

### **CONCEITO DE EQUIVALÊNCIA SUBSTANCIAL (ES)**

No caso dos alimentos geneticamente modificados, os fatores de segurança utilizados na avaliação de aditivos e contaminantes não seriam aplicáveis nos estudos toxicológicos, pois, para avaliar se um alimento geneticamente modificado seria tóxico ou não, a dieta do animal-teste deveria ser exclusivamente composta por esse alimento. Com isso, os possíveis efeitos adversos observados poderiam estar relacionados com o desbalanceamento nutricional e não com a modificação genética inserida no alimento testado (SCHILTER; CONSTABLE, 2002).

Assim, as dificuldades para a aplicação de testes toxicológicos tradicionais e procedimentos de avaliação de risco a alimentos fizeram com que uma abordagem alternativa fosse requerida para a avaliação de segurança de alimento geneticamente modificado, o que levou ao desenvolvimento do conceito de ES (FAO; WHO, 2000).

Tal abordagem não se destina ao estabelecimento da segurança absoluta, meta inatingível para qualquer alimento. O objetivo é garantir que o alimento e quaisquer

substâncias, que nele tenham sido introduzidas como resultado de modificação genética, seja tão seguro quanto seus análogos convencionais (FAO; WHO, 2000). O conceito de ES está associado quase que somente à avaliação de plantas geneticamente modificadas, mas também poderia ser expandido para outros organismos geneticamente modificados ou organismos modificados por outras biotécnicas ou melhoramento tradicional (PEDERSEN, 2000).

Para a determinação da ES, o alimento geneticamente modificado é comparado ao seu análogo convencional (com histórico de uso seguro), identificando-se similaridades e diferenças. Os resultados dessa comparação, subsequente, direcionam o processo de avaliação. A avaliação de segurança segue um procedimento passo a passo e uma série de questões estruturais. Os fatores considerados incluem a identidade, fonte e composição do organismo geneticamente modificado, os efeitos do processamento/cocção sobre esse alimento, o processo de transformação, o produto da expressão do novo DNA, uma proteína em que são avaliados os efeitos na função, a potencial toxicidade e a potencial alergenicidade, possíveis efeitos secundários da expressão do gene, que incluem a composição em macro e micronutrientes críticos, antinutrientes, fatores tóxicos endógenos, alérgenos e substâncias fisiologicamente ativas, ingestão potencial e impacto da introdução do alimento geneticamente modificado na dieta. O tipo e extensão de estudos adicionais dependem da natureza das diferenças observadas e se estas podem ser ou não bem caracterizadas (FAO; WHO, 2000).

Padgett et al. (1996), cujo trabalho apresenta um marco na avaliação da segurança alimentar de plantas geneticamente modificadas, compararam a soja geneticamente modificada tolerante ao herbicida glifosato com sua linhagem parental, com uma linhagem controle, e com o espectro de variações de composição encontrados na literatura, através de 1.422 análises dos grãos, 858 análises do farelo de soja desen-

gordurada, 60 análises do farelo de soja desengordurado não tostado, 114 análises do óleo de soja refinado e 12 análises da lecitina de soja e chegaram à conclusão que a soja geneticamente modificada é substancialmente equivalente ao seu análogo convencional.

O fato de um alimento geneticamente modificado ser substancialmente equivalente ao seu análogo convencional não significa que aquele seja seguro, nem que elimine a necessidade de conduzir uma avaliação rigorosa para garantir sua segurança, antes que sua comercialização seja permitida (DONALDSON; MAY, 2000).

Quando o alimento geneticamente modificado diferir de seu análogo convencional pela presença de um ou poucos genes novos e seus derivados, pode ser possível isolar e estudar tais genes e seus derivados de maneira análoga aos testes toxicológicos convencionais empregados na avaliação de segurança de aditivos alimentares (WALKER, 2000). Entretanto, é necessário que se garanta que o material testado seja bioquímica e funcionalmente equivalente àquele produzido no alimento geneticamente modificado (FAO; WHO, 2000). Por outro lado, a não constatação de ES não significa que o alimento geneticamente modificado não seja seguro, mas que há necessidade de prover dados de maneira extensiva, que demonstrem sua segurança (DONALDSON; MAY, 2000).

Órgãos internacionais como a *Food and Agriculture Organization for the United Nations* (FAO), *World Health Organization* (WHO) e *Organisation for Economic Cooperation and Development* (OECD) recomendam que o conceito ES seja visto como um passo do processo de avaliação de segurança de alimentos e de ingredientes alimentares derivados de plantas geneticamente modificadas para consumo humano, o que já vem ocorrendo em vários países. A aplicação desse conceito não se constitui, por si só, na avaliação de segurança e não caracteriza o perigo. Equivalência substancial é hoje um conceito internacionalmente aceito. Os dados devem ser obtidos

e analisados utilizando-se métodos validados e técnicas estatísticas apropriadas (FAO; WHO, 2000). O estabelecimento da ES é um exercício analítico, que evolui com o tempo.

## **MATERIAL GENÉTICO INTRODUZIDO**

A primeira etapa na avaliação da segurança alimentar é a completa caracterização do material genético inserido. Isso inclui a identificação da fonte do material genético, para se verificar se é proveniente de uma fonte patogênica, tóxica ou alergênica. Os principais parâmetros a serem avaliados são: o tamanho do material genético inserido, o número de genes inseridos, a localização da inserção e a identificação das seqüências marcadoras do material genético construído para inserção, os quais permitem sua detecção (genes marcadores) e expressão (promotor) (INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS, 2000).

Uma vez que todos os alimentos contêm DNA, que este é rapidamente digerido pelo trato gastrointestinal, e que não há nenhuma evidência de transferência de DNA do alimento para as células intestinais ou para os microorganismos da flora intestinal, testes de avaliação de segurança do DNA do alimento não precisam ser realizados (INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS, 2000).

## **EXPRESSÃO DA NOVA PROTEÍNA**

Depois de o material genético ter sido completamente caracterizado, é preciso avaliar a segurança da proteína expressa pelo gene inserido, geralmente uma enzima. A avaliação inclui o exame da natureza de qualquer nova proteína presente na variedade que foi geneticamente modificada. Técnicas moleculares e bioquímicas padrão são utilizadas para verificar se o tamanho de qualquer produto novo do gene está de acordo com o esperado e também para quantificar tais produtos em tecidos específicos.

A presença e a quantidade de novas proteínas em frações específicas ou com-

ponentes de variedades geneticamente modificadas utilizadas como alimento ou na preparação de alimentos podem ser relevantes para a segurança alimentar. Na maioria dos casos, todos esses pontos são considerados com maiores detalhes em etapas subsequentes da avaliação (AUSTRALIA NEW ZEALAND FOOD AUTHORITY, 2000).

A avaliação de segurança da proteína expressa inclui: identificação da composição e da estrutura da proteína, quantificação da proteína expressa, busca de similaridade com outras toxinas, alergênicos, fatores antinutricionais e outras proteínas funcionais, termoestabilidade da proteína expressa, digestibilidade da proteína expressa, testes toxicológicos *in vitro* e *in vivo* sobre a proteína expressa e avaliação do potencial alergênico *in vivo* e *in vitro* da proteína expressa (INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS, 2000).

Harrison et al. (1996) avaliaram a segurança da proteína 5-enolpiruvil shiquimato-3-fosfato sintetase (EPSPS) derivada de *Agrobacterium* sp., que é a única proteína introduzida por manipulação genética expressa na soja Roundup Ready, conferindo alta tolerância ao herbicida glifosato.

Basicamente, o mecanismo de tolerância desenvolvido reside no fato de o glifosato ligar-se especificamente à enzima alvo (EPSPS, da rota de biossíntese de aminoácidos aromáticos), bloqueando sua atividade. A inibição da EPSPS pelo glifosato impede que a planta sintetize aminoácidos aromáticos, essenciais à síntese de proteína. EPSPS está presente em todas as plantas, bactérias e fungos (HARRISON et al., 1996). Assim, a soja geneticamente modificada possui, além da EPSPS naturalmente presente, que é bloqueada pelo herbicida, a EPSPS expressa, devido à modificação genética, que lhe confere resistência.

Como grandes quantidades de EPSPS seriam necessárias para a avaliação de segurança, o que incluiria estudos de toxicidade e alergenicidade, a proteína foi produzida num sistema de expressão de *Escherichia*

*coli*, sendo depois altamente purificada e caracterizada com relação à proteína produzida nos grãos de soja. Através dos estudos de suas características estruturais e funcionais (peso molecular, imunoreatividade, ausência de glicosilação e atividade enzimática), foi mostrado que a EPSPS produzida em *Escherichia coli* era equivalente à produzida na planta.

## **ESTUDOS DE COMPOSIÇÃO**

Análises para determinação da composição dos alimentos derivados de organismos geneticamente modificados (OGMs) devem focar o conteúdo de nutrientes-chave (macro e micronutrientes), de componentes tóxicos-chave e de fatores antinutricionais-chave (THE COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 1997).

A planta ou alimento convencional (planta/alimento-referência) utilizado na comparação pode ser a linhagem ou cepa parental e/ou linhagem ou cepa comestível da mesma espécie. Para alimentos processados, a comparação pode também ser realizada entre o alimento processado derivado de um OGM e um alimento processado análogo convencional (FAO, 1996).

A escolha adequada de um alimento-referência para estabelecer a ES em termos de composição depende de alguns fatores. É mais apropriado comparar matérias-primas não processadas. Entretanto, se o alimento só for consumido uma vez processado (ex: óleo refinado de soja, farelo de soja), a comparação pode ser realizada entre o alimento derivado de OGM e o alimento convencional processado da mesma maneira.

O alimento-referência deve refletir a composição centesimal média encontrada em alimentos convencionais semelhantes, seu consumo, sua importância na dieta e seus efeitos no processamento (HUGGETT; VERSCHUREN, 1996). Dados da literatura, no que se refere à composição do alimento convencional, só podem servir de base de comparação, se as técnicas analíticas tiverem sido validadas (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND

DEVELOPMENT, 2002). Muitas vezes, porém, esses dados indicam apenas as médias dos resultados de composição e podem subestimar variações naturalmente encontradas (WHO, 1995).

A comparação para avaliação de efeitos não intencionais, devido à inserção genética em alimento derivado de OGM é mais apropriada e útil, se for realizada com sua linhagem/cepa parental nas condições mais próximas possíveis do plantio (plantas GM), da alimentação (animais GM), do manejo e transporte (plantas e animais GM) e do processamento (microorganismos, plantas e animais GM). No caso de safras comerciais de grãos, muitas vezes, linhagens de plantas geneticamente modificadas (PGMs), isogênicas à linhagem parental, não são possíveis. Assim, para comparação, a linhagem mais próxima possível deve servir de referência (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, 2002).

Padgett et al. (1996) compararam a composição da soja Roundup Ready com a composição da cultivar parental convencional. As amostras foram plantadas nos Estados Unidos em seis e quatro regiões diferentes, nos anos de 1992 e 1993, respectivamente.

Além dos grãos, as seguintes formas processadas da soja geneticamente modificada foram comparadas à soja convencional: farinha tostada (farelo), farinha desengordurada não tostada, isolado protéico, concentrado protéico e óleo refinado. As análises realizadas foram: composição centesimal (umidade, proteína, lipídeos, carboidratos, fibras e cinzas), perfil de ácidos graxos, perfil de aminoácidos, isoflavonas (genisteína e daidzeína) e compostos antinutricionais (inibidor de tripsina, atividade de urease, lectinas e fitato), além de rafinose e estaquiase.

Os resultados de todas as análises demonstraram que a composição dos grãos e produtos processados a partir de soja geneticamente modificada foram comparáveis à composição dos grãos e dos produtos processados com soja convencional

(Quadro 1). Conforme esperado, o inibidor de tripsina e as lectinas foram inativados durante o processamento (para a produção de farinha tostada). Com base em todas essas avaliações, foi concluído que, com exceção da tolerância ao glifosato, a soja Roundup Ready é substancialmente equivalente à sua cultivar parental convencional e a outras cultivares de soja disponíveis no mercado (PADGETTE et al., 1996).

### AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ALERGÊNICO

As alergias alimentares atingem 2% da população mundial e, em alguns casos, podem levar a choques anafiláticos. Uma vez que os alimentos geneticamente modificados usualmente contêm novas proteínas e, uma vez que muitas proteínas alergênicas

mantêm seu potencial alergênico, mesmo após processamento e desnaturação, a avaliação de segurança desses alimentos deve incluir a avaliação de alergenicidade de tais proteínas (FAO; WHO, 2000).

Havendo equivalência substancial entre o alimento geneticamente modificado (AGM) e o seu análogo convencional, com exceção da nova característica inserida, estudos adicionais com enfoque nessa característica devem ser conduzidos. Algumas análises são consideradas suficientes para garantir a segurança dos novos alimentos, como a verificação da homologia da seqüência de aminoácidos (estrutura primária) da nova proteína expressa, com a de proteínas sabidamente alergênicas e da digestibilidade proteolítica sob condições que simulam a digestão de mamíferos (FAO, 1996).

QUADRO 1 - Resumo das análises realizadas para os grãos de soja resistente ao herbicida glifosato e seus derivados

Análise realizada	Produto
Proteína (nitrogênio por Kjeldahl)	G, FT, FNT, IP, CP
Teor de lipídeos	G, FT, FNT, IP, CP
Fibra bruta	G, FT, FNT, IP, CP
Cinzas	G, FT, FNT, IP, CP
Carboidratos (por diferença)	G, FT, FNT, IP, CP
Umidade	G, FT, FNT, IP, CP
Energia	G
Perfil de aminoácidos	G
Perfil de ácidos graxos	G, O
Isoflavonas livres e ligadas	G, FT
Análise de lecitina (composição em fosfolipídeos)	L
Lectinas	G, FT
Solubilidade do nitrogênio	FT
Ácido fítico	FT
Proteínas ou aminoácidos em óleo	O
Açúcares (estaquiase e rafinose)	FT
Inibidor de tripsina	G, FT, FNT
Urease (atividade ureática)	G, FT, FNT

FONTE: Padgett et al. (1996).

NOTA: G - Grãos; FT - Farelo tostado; FNT - Farelo não tostado; IP: Isolado protéico; CP - Concentrado protéico; O - Óleo refinado; L - Lecitina.

O Conselho Internacional de Biotecnologia de Alimentos e o Instituto de Alergia e Imunologia do *International Life Sciences Institute* (ILSI) desenvolveram, em 1996, a árvore de decisão para a avaliação do potencial de alergenicidade de novas proteínas de AGM. Tal árvore foi adaptada pelos peritos que participaram da consulta conjunta da FAO/WHO sobre alimentos derivados da biotecnologia, passando por processo de revisão em 2001 (FAO; WHO, 2001) e pelo Codex Alimentarius em 2002.

Proteínas alergênicas são freqüentemente, embora nem sempre, glicosiladas com peso molecular entre 10 e 70 kDa. Além disso, devem ser estáveis à digestão e às condições ácidas do sistema digestivo, se conseguirem alcançar e passar através da mucosa intestinal. Outro fator importante é que proteínas alergênicas estão presentes em altas concentrações em alimentos que induzem uma reação alérgica (HARRISON et al., 1996).

Harrison et al. (1996) estudaram o potencial alergênico da soja Roundup Ready e observaram que, embora a EPSPS tenha 47,6 kDa, encaixando-se no critério de 10 a 70 kDa, como a maioria das proteínas, não possui nenhuma das outras características comuns a proteínas alergênicas. Os resultados obtidos demonstram que EPSPS é prontamente degradada em ensaios de fluidos gástrico e intestinal simulados, sugerindo que esta proteína será degradada no trato digestivo de mamíferos, quando ingerida como componente de um alimento ou ração. A seqüência de aminoácidos da EPSPS foi comparada com bancos de dados de proteínas tóxicas e alergênicas e não foi encontrada homologia. Além disso, a EPSPS purificada não era glicosilada e está presente em baixíssimos níveis nos grãos de soja, correspondendo a, aproximadamente, 0,08% da proteína total.

Cabe ressaltar que a tecnologia de modificação genética oferece a oportunidade de reduzir ou eliminar alérgenos protéticos que ocorrem naturalmente em alimentos específicos (FAO; WHO, 2000). Pesquisadores têm trabalhado para retirar alérgenos

naturalmente presentes em trigo, leite e até mesmo no amendoim. Assim, a biotecnologia tem trabalhado para reduzir problemas com alergias alimentares e não para agravá-los (AVERY, 2000).

## **AVALIAÇÃO TOXICOLÓGICA**

As dificuldades práticas para obtenção de informações significativas sobre segurança alimentar a partir de estudos toxicológicos têm sido reconhecidas há vários anos. Tal reconhecimento tornou-se particularmente evidente a partir do grande número de estudos conduzidos com animais para avaliar a segurança de alimentos irradiados (TOMLINSON, 2000).

Estudos toxicológicos com animais constituem um dos principais componentes da avaliação de segurança de vários compostos como pesticidas, produtos farmacêuticos e aditivos para alimentos. Na maioria desses casos, entretanto, a substância teste é bem caracterizada, de pureza conhecida, de nenhum valor nutricional particular e a exposição de humanos a ela é geralmente baixa. Assim, animais são diretamente alimentados com esses compostos em diferentes dosagens, algumas muito superiores ao nível de exposição esperado para consumo humano, com o objetivo de identificar qualquer efeito potencial adverso à saúde. Dessa forma, é possível, na maioria dos casos, determinar níveis de exposição em que efeitos adversos não são observados, e estabelecer limites seguros pela aplicação de fatores de segurança apropriados (FAO; WHO, 2000; DONALDSON; MAY, 2000).

Os alimentos, por sua vez, constituem-se em misturas complexas de vários compostos e são caracterizados por uma ampla variação na composição e valor nutricional. Devido ao seu volume e efeito de saciedade, os alimentos são usualmente fornecidos a animais em quantidades equivalentes a um baixo número de múltiplos daquelas quantidades que provavelmente estariam presentes em uma dieta humana (FAO; WHO, 2000; DONALDSON; MAY, 2000).

Outra consideração a ser feita, ao se decidir sobre a necessidade desse tipo de estudo, é quanto à submissão de animais experimentais a este, nos casos em que a obtenção de informações relevantes seja improvável (FAO; WHO, 2000).

Embora nenhuma toxicidade fosse antecipada para a proteína EPSPS, Harrison et al. (1996) realizaram vários experimentos de toxicidade oral aguda com ratos (*acute mouse gavage*), para avaliar sua segurança. Doses de até 572 mg/kg de peso corporal foram fornecidas oralmente a ratos e nenhum efeito adverso foi observado. Tal dose fornece uma altíssima margem de segurança, equivalendo a, aproximadamente, 1.300 vezes o maior consumo potencial humano, se a proteína fosse expressa em soja, milho, tomate e batata, assumindo-se que nenhuma proteína será perdida durante o processamento.

Na prática, poucos dos alimentos hoje consumidos foram submetidos a quaisquer testes toxicológicos. Mesmo assim, esses alimentos são geralmente aceitos como sendo seguros (TOMLINSON, 2000). No Reino Unido, por exemplo, a avaliação de segurança dos milhares de produtos alimentícios lançados a cada ano baseia-se na suposição de que, se os ingredientes alimentares individualmente já possuem um histórico extensivo de consumo, uma nova combinação desses ingredientes será igualmente segura. Contudo, muitos dos alimentos hoje existentes provavelmente apresentariam efeitos adversos, se consumidos em doses suficientemente altas (DONALDSON; MAY, 2000).

## **EQUIVALÊNCIA NUTRICIONAL**

Outro componente muito importante na avaliação de segurança de alimentos geneticamente modificados, além dos estudos de composição e da avaliação de segurança da nova proteína introduzida, expressa pelo gene inserido, consiste na avaliação de sua equivalência nutricional, realizada através de estudos em que animais são alimentados com rações produzidas a partir do organismo geneticamente modificado

(SIDHU et al., 2000). Cabe ressaltar que estudos de equivalência nutricional não são utilizados para avaliar a qualidade de novas variedades de soja desenvolvidas através de melhoramento convencional (HAMMOND et al., 1996).

No caso da soja Roundup Ready, estudos com animais (gado leiteiro, frangos, ratos e peixes) foram conduzidos com a finalidade de prover suporte adicional à aceitação comercial dessa nova variedade de soja, embora sua equivalência a variedades comerciais já tivesse sido confirmada através de estudos de composição (Quadro 2).

Nos estudos realizados por Hammond et al. (1996), a linhagem de soja parental convencional foi comparada com duas linhagens geneticamente modificadas. Em todos os experimentos, todas as variáveis estudadas (taxa de crescimento, taxa de conversão de ração a peso, composição do leite, etc.) foram similares para animais alimentados com soja geneticamente modificada e para animais alimentados com soja convencional. Assim, foi constatado que as linhagens de soja geneticamente modificadas são nutricionalmente equivalentes à linhagem parental, ou seja, a incorporação genética da tolerância ao herbicida não altera a “saudabilidade” da linhagem parental.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de os alimentos geneticamente modificados mostrarem-se seguros para a saúde humana e animal, criou-se considerável polêmica sobre o seu uso, abrangendo os mais diferentes aspectos: sociais, econômicos, culturais e ideológicos, além dos científicos e outros. Esta polêmica só será resolvida, se todos os setores envolvidos atuarem em conjunto e com transparência.

A maioria dos alimentos geneticamente modificados atualmente disponíveis foi desenvolvida com vistas ao melhoramento agrônomo (tolerância a herbicidas, resistência a insetos), o que tem beneficiado agricultores. Contudo, tais benefícios não são claramente percebidos pelo consumidor. Entretanto, alimentos cujas características nutricionais tenham sido geneticamente modificadas, que possam resultar num maior impacto na saúde da população, encontram-se em desenvolvimento e logo estarão disponíveis no mercado.

A engenharia genética, se bem utilizada, junto com outras técnicas convencionais de melhoramento e manejo, tem enorme potencial para aumentar a produtividade agrícola, beneficiar o meio ambiente, melhorar a qualidade dos alimentos e, conseqüentemente, a saúde e a qualidade de vida da população.

## REFERÊNCIAS

- ATHERTON, K.T. (Org.). **Genetically modified crops: assessing safety**. New York, 2002. 256p.
- AUSTRALIA NEW ZEALAND FOOD AUTHORITY. **GM foods and the consumer: ANZFA's safety assessment process for genetically modified foods**. Canberra, 2000. (ANZFA Occasional Paper, 1). Disponível em: <[http://www.foodsstandards.gov.au/\\_srcfiles/gm\\_and\\_consumer\\_pub02\\_00.pdf](http://www.foodsstandards.gov.au/_srcfiles/gm_and_consumer_pub02_00.pdf)>. Acesso em: 30 nov. 2005.
- AVERY, D.T. Why we need food biotechnology? **Food Technology**, v.54, n.9, p.132, 2000.
- THE COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. Recommendations concerning the scientific aspects of information necessary to support applications for the placing on the market of novel foods and novel food ingredients. **Official Journal of the European Communities**, Bruxelas, OJ L 253, 16. 9. 1997.
- DONALDSON, L.; MAY, R. **Health implications of genetically modified foods**. 1999. Disponível em: <<http://www.dh.gov.uk/assetRoot/04/06/50/90/04065090.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2005.
- FAO. **Biotechnology and food safety**. Rome, 1996. 27p. (FAO. Food and Nutrition Paper, 61).
- \_\_\_\_\_; WHO. Evaluation of allergenicity of genetically modified foods. In: \_\_\_\_\_. **Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation on Allergenicity of Foods Derived from Biotechnology**. Rome, 2001. Disponível em: <<http://www.fao.org/es/Esn/food/pdf/allergygm.pdf>>. Acesso em: 5 abr. 2001.
- \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Safety aspects of genetically modified foods of plant origin. In: \_\_\_\_\_. **Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation on Foods Derived from Biotechnology**. Geneva, 2000. Disponível em: <<http://www.euro.who.int/document/fos/biotechrep72000.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2005.
- HAMMOND, B.G.; VICINI, J.L.; HARTNELL, G.F.; NAYLOR, M.W.; KNIGHT, C.D.; ROBINSON, E.H.; FUCHS, R.L.; PADGETTE, S.R. The feeding value of soybeans fed to rats, chickens, catfish and dairy cattle is not altered by genetic incorporation of glyphosate tolerance. **The**

QUADRO 2 - Estudos realizados com animais, para soja resistente ao herbicida glifosato

Animal	Parâmetro
Ratos	Ganho de peso/peso corpóreo, consumo de ração, peso de órgãos, avaliação microscópica de pâncreas, patologias gerais
Frangos	Ganho de peso diário total, expectativa de vida, peso de peito/peso corpóreo, gordura do abdomen/peso corpóreo
Peixes	Ganho de peso/consumo de ração/peso final, sobrevivência, avaliação de filés (umidade, proteínas, gordura e cinzas)
Gado leiteiro	Produção e composição do leite, contagem de células somáticas, consumo de matéria seca, energia ingerida, digestibilidade de matéria seca, consumo de nitrogênio/nitrogênio no leite, balanço do nitrogênio, ácidos graxos voláteis do rúmen, nitrogênio amoniacal

FONTE: Hammond et al. (1996).

**Journal of Nutrition**, Bethesda, v.126, n.3, p.717-727, 1996.

HARRISON, L.A.; BAILEY, M.R.; NAYLOR, M.W.; REAM, J.E.; HAMMOND, B.G.; NIDA, D.L.; BURNETTE, B.L.; NICKSON, T.E.; MITSKY, T.A.; TAYLOR, M.L.; FUCHS, R.L.; PADGETTE, S.R. The expressed protein in glyphosate-tolerant soybean, 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase from *Agrobacterium* sp. Strain CP4, is rapidly digested *in vitro* and is not toxic to acutely gavaged mice. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v.126, n.3, p.728-740, 1996.

HUGGETT, A. C.; VERSCHUREN, P. M. The safety assurance of functional foods. **Nutrition Reviews**, v.54, n.11, p.132-139, 1996.

INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS. Expert Report on biotechnology and foods: human food safety evaluation of rDNA biotechnology-derived foods. **Food Technology**, Chicago, v.54, n.9, p.53-61, 2000.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Safety assessment of new foods**: results of an OECD survey of serum banks for allergenicity testing, and use of databases. 2002. Disponível em: <[http://www.olis.oecd.org/olis/1997doc.nsf/LinkTo/sg-icgb\(97\)1-final](http://www.olis.oecd.org/olis/1997doc.nsf/LinkTo/sg-icgb(97)1-final)>. Acesso em: 16 abr. 2003.

PADGETTE, S.R.; TAYLOR, N.B.; NIDA, D.L.;

BAILEY, M.R.; MACDONALD, J.; HOLDEN, L.R.; FUCHS, R.L. The composition of glyphosate-tolerant soybean seeds is equivalent to that of conventional soybeans. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v.126, p.702-716, 1996.

PEDERSEN, J. **Application of substantial equivalence**: data collection and analysis – topic 2. In: FAO; WHO. **Joint FAO/WHO Expert Consultation on Foods Derived from Biotechnology**. Geneva, 2000. (Biotech, 00/04). Disponível em: <<http://ftp.org/es/esm/food/bio-04.pdf>>. Acesso em: 6 jun. 2000.

PORTUGAL, A.D.; SAMPAIO, M.J.; CONTINI, E.; ÁVILA, F. Agricultural biotechnology in Brazil: institutionality and implications of genetically modified organisms. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL CONSORTIUM ON AGRICULTURAL BIOTECHNOLOGY RESEARCH (ICABR), 5., 2001, Ravello. **Biotechnology, science and modern agriculture**: a new industry at the dawn of the century. Ravello, 2001.

SCHILTER, B.; CONSTABLE, A. Regulatory control of genetically modified (GM) foods: likely developments. **Toxicology Letters**, v.127, n.1/3, p.341-349, 2002.

SIDHU, R.S.; HAMMOND, B.G.; FUCHS, R.L.; MUTZ, J.N.; HOLDEN, L.R.; GEORGE, B.; OLSON,

T. Glyphosate-tolerant corn: the composition and feeding value of grain from glyphosate-tolerant corn is equivalent to that of conventional corn (*Zea mays* L.). **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.46, n.6, p.2305-2312, 2000.

THOMAS, J.A.; FUCHS, R.L. (Org.). **Biotechnology and safety assessment**. 3rd. ed. San Diego: Academic Press, 2002. 487p.

TOMLINSON, N. The concept of substantial equivalence, its historical development and current use – topic 1. In: FAO; WHO. **Joint FAO/WHO Expert Consultation on Foods Derived from Biotechnology**. Geneva, 2000. (Biotech, 00/03). Disponível em: <<http://ftp.fao.org/es/esn/food/bio-03.pdf>>. Acesso em: 6 jun. 2000

WALKER, R. Safety testing of food additives and contaminants as the long term evaluation of foods produced by biotechnology – topic 6. In: FAO; WHO. **Joint FAO/WHO Expert Consultation on Foods Derived from Biotechnology**, Geneva, 2000. (Biotech, 00/08). Disponível em: <<http://http://www.ftp.fao.org/es/esn/food/bio-08.pdf>>. Acesso em: 6 jun. 2000

WHO. Application of the principles of substantial equivalence to the safety evaluation of foods or food components from plants derived by modern biotechnology. In: \_\_\_\_\_. **Report of a WHO Workshop**. Geneva, 1995. 80p.

**Qualidade que gera sua produtividade**

**DB SEMENTES**

EXCELÊNCIA EM DB-SEMENTES QUALIDADE

Produzimos Sementes de Soja e Feijão

Embrapa EPAMIG FUNDAÇÃO TRIÂNGULO

Avenida JK, 2094 - B. Ipanema - Tel.: (34) 3818-2500 - Fax: 3818-2555  
CEP 38706-0000 - Patos de Minas-MG - [www.dbsementes.com.br](http://www.dbsementes.com.br)

# Soja transgênica: potencial nutricional e funcional

Neuza Maria Brunoro Costa<sup>1</sup>  
Aluizio Borém<sup>2</sup>

Resumo - A biotecnologia tem sido voltada para a melhoria das características agrônômicas do alimento e, mais recentemente, para seu valor nutricional e funcional. A soja transgênica tem composição nutricional semelhante à sua contraparte convencional. Estudos têm apontado para a perspectiva de desenvolvimento de soja transgênica com melhor qualidade protéica e perfil lipídico, menor teor de fatores antinutricionais, maior conteúdo de vitaminas e de isoflavonas que, dentre outros benefícios, irão proporcionar melhores propriedades nutricionais e funcionais da soja, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida.

Palavras-chave: *Glycine max*. Transgênico. OGM. Propriedade funcional. Valor nutritivo. Prevenção de doença.

## INTRODUÇÃO

Organismos transgênicos ou geneticamente modificados são aqueles produzidos pelas técnicas do DNA recombinante, onde genes de um organismo são transferidos para outro de forma precisa e pontual (BORÉM et al., 2002).

A modificação genética das espécies vegetais vem ocorrendo por ação do processo evolutivo e por meio da intervenção dos melhoristas, ao selecionarem tipos mais adequados às necessidades do homem (BORÉM, 2005). O melhoramento de plantas, com base na genética clássica de Gregor Mendel, normalmente é realizado por meio de cruzamento entre variedades com características superiores ou dessas com seus parentes silvestres. Dessa forma, foi possível o desenvolvimento de variedades mais produtivas, nutritivas e resistentes a pragas e doenças. Como resultado, hoje estão disponíveis variedades de frutas que até há

décadas só podiam ser encontradas no mercado brasileiro mediante sua importação, como é o caso das maçãs.

Em 1953 Watson e Crick descobriram a estrutura tridimensional do DNA. Desde então, o homem vem obtendo um magnífico progresso no entendimento do material genético dos seres vivos. Vinte anos depois de Mendel, foram descobertas as enzimas de restrição, ferramenta utilizada na engenharia genética, que abre as portas para uma forma precisa de desenvolver variedades. Assim, novas técnicas de biologia molecular, desenvolvidas pelos cientistas, têm permitido aos geneticistas obter variedades até então existentes apenas nos sonhos dos melhoristas. Variedades de arroz ricas em  $\beta$ -caroteno, precursor da vitamina A, variedades resistentes a pragas e vírus etc. (BORÉM; MIRANDA, 2005).

Hoje, a sociedade é testemunha de que a biotecnologia desenvolveu produtos e

serviços com impacto na vida do produtor rural e dos consumidores em vários países. As variedades transgênicas de soja, milho, algodão, canola, mamão, arroz, tomate e várias outras espécies vêm conquistando a preferência de agricultores desde que a primeira variedade transgênica, o tomate 'Flavr Savr', lançado em maio de 1994, atingiu o mercado. Durante o período de nove anos (1996 a 2004), a área total cultivada com lavouras transgênicas passou de 1,7 milhão de hectares em 1996 para 81,0 milhões de hectares em 2004, caracterizando um contínuo crescimento na área ocupada com essas variedades (JAMES, 2004). De acordo com o *United States Department of Agriculture* (USDA, 1999), a controvérsia em torno do plantio de transgênicos aparentemente não diminuiu o desejo de os produtores americanos plantarem variedades geneticamente modificadas. Até o presente, a maioria das variedades desenvol-

<sup>1</sup>Nutricionista, Ph.D., Prof<sup>a</sup> UFV - Dep<sup>o</sup> Nutrição e Saúde, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: nmbc@ufv.br

<sup>2</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Ph.D., Prof. UFV - Dep<sup>o</sup> Fitotecnia, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: borem@ufv.br

vidas pela biotecnologia possui tolerância a herbicidas, resistência a insetos e vírus. Entretanto, isto está mudando. A possibilidade de uso de alimentos na redução dos riscos de doenças crônico-degenerativas tem sido assunto constante nas áreas da nutrição e da alimentação.

Diversos fatos vêm motivando ou justificando esse interesse, como: o reconhecimento da relação saúde-nutrição-doença, as pesquisas clínicas e os levantamentos epidemiológicos, a evolução de conceitos relativos às recomendações nutricionais, os fenômenos socioeconômicos e epidemiológicos e, ainda, as perspectivas industriais.

Evidências epidemiológicas, por exemplo, têm associado à dieta asiática rica em vegetais e ao uso da soja com a menor incidência de osteoporose e câncer de mama na mulher. A dieta mediterrânea, rica em frutas e vegetais, óleo de oliva e carboidratos, está correlacionada com o menor número de mortes por enfarto. A dieta esquimó, da mesma forma, é rica em gordura, mas não provoca mais mortes por acidentes cardiovasculares nessa população, fato esse associado aos ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa presentes nos peixes ingeridos. Estudos antropológicos, no entanto, têm evidenciado mudanças na dieta durante a evolução do homem. Por exemplo, de uma relação de ácidos graxos  $\omega 6/\omega 3$  de 2:1, chega-se, na chamada dieta urbana ocidental, a uma relação 10-20:1, gerando a questão: qual seria a melhor?

A essas evidências epidemiológicas, vêm-se associando pesquisas bioquímicas e clínicas que constataram a presença, em alimentos, de componentes químicos que podem ter ação biológica, importante na manutenção da saúde e da ação, além dos nutrientes conhecidos e das necessidades diárias já estabelecidas. Ao mesmo tempo houve mudanças nos conceitos referentes à determinação das necessidades e recomendações nutricionais. Passou-se da idéia de nutrientes para prevenir ou combater “deficiências nutricionais” para aqueles

(e outros compostos bioativos) visando à “promoção da saúde”. Com isso, começam a haver mudanças, na informação veiculada na embalagem dos alimentos, da simples rotulagem nutricional (referente ao conteúdo) para uma com as chamadas “alegações de saúde”, que associam o alimento à redução do risco de certas doenças. Isso tem implicações importantes, dos pontos de vista normativo, do consumidor e da indústria e da pesquisa.

A expectativa de vida vem aumentando em quase todo o mundo. Isso tem levado ao incremento dos custos da saúde por causa da incidência maior, nessa faixa etária, de enfermidades crônico-degenerativas e à necessidade de manter a qualidade de vida satisfatória em pessoas idosas. Tais fatos motivaram, originalmente, o Japão com o *Food for Specified Health Use* (FOSHU), uma tentativa de utilização de todo o potencial da alimentação na busca da prevenção dessas doenças.

Como aconteceu em toda a América Latina, a industrialização, a urbanização e a globalização de mercados tiveram impacto nos hábitos alimentares da população brasileira, com conseqüências na nutrição. Têm-se hoje, ao mesmo tempo, problemas de deficiência e de excesso, fenômeno chamado “transição nutricional”.

O aumento do consumo de dietas ricas em gordura (saturada), com baixos níveis de carboidratos complexos e menos densas em micronutrientes, combinado com uma vida mais sedentária, é responsável por obesidade, hipertensão, doenças cardiovasculares, osteoporose e câncer, enfermidades que causam incapacidades e aumentam os custos da saúde pública.

Assim, cresce a perspectiva de contribuição da biotecnologia para os alimentos funcionais. Em determinadas situações, um alimento deve conter elevados teores de um constituinte, enquanto em outras, baixos teores. Ainda, o mercado de alimentos especiais e de ingredientes, avaliado em mais de 70 bilhões de dólares, atraiu o interesse tanto da indústria de alimentos e de

ingredientes quanto da farmacêutica. Vem promovendo o desenvolvimento de pesquisas e a busca e comercialização de novos produtos destinados a vários segmentos populacionais.

Esses segmentos reconhecem a importância da alimentação e buscam a saúde não através do medicamento, mas de uma dieta saudável. Envolvem desde pessoas com um problema diagnosticado, por exemplo, doença cardiovascular, colesterol elevado, ou que pretendem manter uma boa saúde, como a intestinal, até outras que simplesmente procuram mais energia e disposição na sua vida diária.

## VALOR NUTRICIONAL DA SOJA

A soja é um alimento rico em proteínas, ácidos graxos poliinsaturados, fibras, minerais e fitoquímicos, como as isoflavonas.

Apresenta de 30% a 45% de proteínas, ricas nos aminoácidos arginina, leucina e lisina, porém com baixos teores de metionina e cisteína. A qualidade da proteína da soja é alta, especialmente quando comparada a outras proteínas de origem vegetal. Embora contenha os aminoácidos essenciais em quantidades suficientes para suprir as necessidades nutricionais humanas, sua digestibilidade é reduzida pela presença de inibidores de tripsina, fitohemaglutinina, fibras, polifenóis e outros compostos antinutricionais (COSTA; BORÉM, 2003).

Os lipídios representam de 15% a 25% do grão, tendo como principais ácidos graxos os ácidos linoléico ( $\omega 6$ : 33,8 a 59,6%), oléico ( $\omega 9$ : 15,2 a 25,6%),  $\alpha$ -linolênico ( $\omega 3$ : 4,3 a 15%) e esteárico (2,2 a 7%) (COSTA; BORÉM, 2003). Os ácidos graxos poliinsaturados linoléico e  $\alpha$ -linolênico e o monoinsaturado oléico promovem a redução dos níveis sanguíneos de colesterol total e da fração LDL. Essas lipoproteínas LDL estão relacionadas com o maior risco de doenças cardiovasculares. O ácido esteárico, embora seja saturado, é menos aterogênico, ou seja, tem menor implicação

nas doenças cardiovasculares, por ser facilmente convertido em ácido oléico no organismo (DUARTE; COSTA, 1997).

Os minerais predominantes na soja são: fósforo (0,7%), potássio (0,3%), cálcio (0,3%), magnésio (0,3%), sódio (0,2%), enxofre (0,2%), silício (140ppm), ferro (137ppm), zinco (52ppm), manganês (38ppm), cobre (20ppm) (COSTA; BORÉM, 2003). A presença de complexantes de minerais, como o ácido fítico, faz com que a biodisponibilidade desses minerais, principalmente o zinco e o ferro, seja baixa. Como o zinco é necessário para o crescimento e o ferro para a formação da hemoglobina, uma dieta à base de soja deve ser suplementada com esses minerais, especialmente para crianças, a fim de garantir o seu crescimento adequado e prevenir a anemia ferropriva.

A soja contém baixos teores de carboidratos, sendo os predominantes a sacarose (5%) e os oligossacarídeos não digeríveis: estaquiose (4%) e rafinose (1%). Esses oligossacarídeos, por não serem digeríveis, não contribuem para o valor energético da soja e são amplamente fermentados no cólon, produzindo gases (flatulência).

As fibras contribuem com cerca de 11% da soja, sendo 5% solúveis e 6% insolúveis e desempenham importante papel no efeito da soja na redução de colesterol sanguíneo (DUARTE; COSTA, 1997).

Além desses nutrientes, a soja é fonte de fitoestrógenos como a genisteína e daidzeína, que têm ação semelhante aos hormônios estrogênicos e estão associados à redução dos sintomas da menopausa e baixo risco de doença cardiovascular, câncer de mama e de próstata, osteoporose e outros distúrbios associados aos baixos níveis de estrógenos (INTERNATIONAL..., 2004). A composição da soja e de seus produtos em isoflavonas é variável e depende das características genéticas do grão, bem como do seu cultivo e processamento. O Quadro 1 apresenta o teor aproximado de isoflavonas em alguns produtos de soja (USDA, 1999).

## VALOR FUNCIONAL DA SOJA

### Colesterol

Os altos níveis de colesterol sanguíneo e do LDL-colesterol estão associados a doenças cardiovasculares, como o infarto do miocárdio e a arteriosclerose. Pesquisas da *American Heart Association* (AHA) têm demonstrado que a ingestão de proteínas de soja reduz as taxas de LDL-colesterol. Pacientes acompanhados durante quatro semanas, por médicos da AHA, que tiveram a adição de proteínas de soja nas suas dietas – sem outra alteração – apresentaram uma redução nos níveis de LDL-colesterol em torno de 33% (INTERNATIONAL...,

2004). Assim, a introdução de pequena quantidade de proteína de soja na dieta diária, cerca de 20 g que equivalem a 50 g de grãos, é suficiente para exercer efeitos benéficos nos lipídios sanguíneos.

Os mecanismos envolvidos na redução do colesterol pela soja incluem, dentre outros, a menor relação entre lisina:arginina, o que aumenta a atividade da arginase e reduz a disponibilidade de arginina para a síntese de LDL. Essa relação também reduz a secreção de insulina e, conseqüentemente, a lipogênese (acúmulo de lipídios no tecido adiposo). A presença de fibras, fitoesteróides e de saponina na soja pode reduzir a absorção de colesterol. As fibras solúveis são fermentadas produzindo ácidos graxos de cadeia curta (propionato), que inibe a síntese de colesterol hepático, reduzindo o colesterol sanguíneo. As isoflavonas podem aumentar a captação de LDL pelas células e diminuir sua oxidação, reduzindo o risco de aterosclerose (DUARTE; COSTA, 1997).

### Prevenção do câncer

A genisteína é um fitoestrógeno ou hormônio vegetal, que possui uma ação estrogênica moderada, e atua na prevenção de câncer relacionado com o estrogênio. Pesquisas realizadas no Japão, Estados Unidos e Europa têm mostrado que a ingestão diária de alimentos à base de soja, como *tofu* (queijo de soja), *miso*, *natto* e *tempeh* (especialidades da cozinha oriental) reduz os riscos de câncer de mama e próstata em 50%.

A soja e seus derivados também possuem uma ação preventiva quanto aos cânceres de cólon, reto, estômago e pulmão. Para que os tumores aumentem seu tamanho, é necessário o desenvolvimento de novos vasos sanguíneos (angiogênese). O bloqueio desse processo é visto como uma maneira potencialmente importante para controlar o câncer. A genisteína também inibe a formação desses vasos e, conseqüentemente, o desenvolvimento dos tumores cancerígenos. A ação da genisteína

QUADRO 1 - Conteúdo em mg/100 g de isoflavonas em alguns produtos derivados de soja

Derivado da soja	Daidzeína	Genisteína	Gliciteína	Total de isoflavonas
Fórmulas infantis	0,8 a 9,6	1,5 a 15,4	0,3 a 3,3	2,6 a 30,7
<i>Miso</i>	16,1	24,6	2,9	42,6
Farinha desengordurada	57,5	71,2	7,5	131,2
Extrato hidrossolúvel	4,5	6,1	0,6	9,2
Isolado protéico de soja	33,6	59,6	9,5	97,4
<i>Shoyu</i>	0,9	0,8	0,5	1,6
Soja brasileira	20,2	67,5	—	87,7
<i>Tofu</i>	5,4 a 25,3	6,5 a 42,1	1,2 a 5,0	13,5 a 67,5

FONTE: USDA (1999).

na tem sido mostrada apenas nos estádios iniciais do câncer. Para que possa exercer seu efeito nessas células, a genisteína deve ser fornecida em doses acima das fornecidas na dieta (INTERNATIONAL..., 2004).

A atividade anticancerígena das isoflavonas explica-se pela atividade estrogênica fraca dos produtos, e ao se ligar nos receptores estrogênicos, a genisteína impede a ligação dos hormônios originais, que são muito mais potentes e proliferativos. As isoflavonas também inibem a enzima proteína tirosina kinase (PTK), a enzima DNA topoisomerase II, controlam a diferenciação celular, e inibem a produção de espécies reativas do oxigênio (radicais livres) (INTERNATIONAL..., 2000).

### Osteoporose

Com o envelhecimento, as pessoas perdem cálcio, o que resulta, muitas vezes, em osteoporose. Na menopausa, esse processo agrava-se com a deficiência hormonal ovariana. Devido sua ação estrogênica, a genisteína da soja pode manter a estrutura óssea. Exames de densitometria óssea comprovam que o consumo de soja retarda a osteoporose decorrente da idade, como também reduz significativamente a perda óssea total (INTERNATIONAL..., 2000, 2004).

### Diabetes e outras doenças

As fibras de soja exercem importante papel na regulação dos níveis de glicose no sangue, pois retardam sua absorção. Essa redução na velocidade de absorção da glicose auxilia no controle de diabetes. Há evidências de que o consumo da soja tem efeito positivo no controle de outras doenças como hipertensão, litíase (cálculos biliares) e doenças renais (INTERNATIONAL..., 2000, 2004).

### Isoflavonas da soja

As isoflavonas da soja mais estudadas até agora são: genisteína, daidzeína, gliciteína e equol. As isoflavonas, especialmente a genisteína, possuem discreta ação hor-

monal estrogênica e esse potencial pode ser benéfico à terapêutica de situações como o início da menopausa, onde os estrogênios começam a diminuir acentuadamente. Dentre os seus efeitos benéficos, podem ser citados (INTERNATIONAL..., 2000, 2004):

- a) nas doenças cardiovasculares: redução do colesterol e LDL e proteção ao endotélio vascular;
- b) na endocrinologia e ginecologia: exibem discreta ação hormonal, competindo com os estrogênios para diminuir o risco proliferativo na mama e reduzem os sintomas clássicos da menopausa;
- c) no câncer: a resposta estrogênica inibe o desenvolvimento de tumores e as enzimas PTKs e DNAt;
- d) na osteoporose: atuam na manutenção e ganho de massa óssea.

## VALOR NUTRICIONAL E FUNCIONAL DA SOJA TRANSGÊNICA

A segurança dos alimentos derivados da engenharia genética é estabelecida usando o conceito internacional de “equivalência substancial”. A equivalência substancial é o conceito da comparação entre o produto organismo geneticamente modificado (OGM) e sua contraparte convencional com história de uso seguro. Essa comparação usualmente inclui desempenho agrônômico, fenótipo, expressão de transgenes, composição de macro e micronutrientes, de fatores antinutricionais e constituintes naturais tóxicos e a identificação de similaridades e diferenças entre os produtos OGM e sua contraparte convencional.

A soja Roundup Ready, comparada à sua contraparte convencional (Quadro 2), apresentou a seguinte composição média, segundo Costa e Borém (2003).

QUADRO 2 - Características físico-químicas da soja convencional e da soja Roundup Ready

Característica	Soja convencional	Soja Roundup Ready
Proteína (g/100 g peso seco)	41,4	41,43
Mínerais (g/100 g peso seco)	5,31	5,35
Umidade (g/100 g)	5,73	5,74
Óleo (g/100 g peso seco)	19,89	20,53
Fibra (g/100 g peso seco)	7,36	6,86
Carboidrato (g/100 g peso seco)	33,38	32,67
Lisina (g/100 g peso seco)	2,63	2,64
Metionina (g/100 g peso seco)	0,54	0,54
Cisteína (g/100 g peso seco)	0,57	0,59
Triptofano (g/100 g peso seco)	0,49	0,49
Genisteína (µg/g peso seco)	681	742
Daidzeína (µg/g peso seco)	521	578
Ácido palmítico (g/100 g de óleo)	10,46	10,50
Ácido esteárico (g/100 g de óleo)	4,09	4,19
Ácido oléico (g/100 g de óleo)	21,13	21,41
Ácido linoléico (g/100 g de óleo)	52,20	51,71
Ácido linolênico (g/100 g de óleo)	7,41	7,51

FONTE: Costa e Borém (2003).

Diversos alimentos têm sido modificados quanto ao seu valor nutricional e funcional pela biotecnologia, tais como arroz, milho, tomate, batata, trigo, mandioca e soja, dentre outros. Uma revisão recentemente publicada pelo *International Life Science Institute* (ILSI, 2004) apontou possíveis modificações genéticas para melhorar as propriedades nutricionais e funcionais desses alimentos, de onde podem ser destacadas as seguintes melhorias da soja:

- a) **proteína:** a soja com melhor composição em aminoácidos, especialmente em metionina e cisteína, pela superexpressão da proteína zeína 15 kDa do milho, que é rica nesses aminoácidos sulfurados. Esses aminoácidos são encontrados em menores proporções na soja convencional, fazendo com que a qualidade da proteína da soja seja inferior à proteína de origem animal. Portanto, a soja modificada geneticamente pode ter seu conteúdo de aminoácidos essenciais semelhante ao de proteínas animais. A proteína sintética (MB1), com maiores teores de metionina (16%) e de lisina (12%), é uma forte candidata a ser introduzida na soja, o que pode torná-la uma excelente alternativa proteica de alta qualidade para países menos desenvolvidos, onde é mais acentuada a deficiência desses aminoácidos;
- b) **lipídios:** o conteúdo de ácido oléico foi aumentado na soja pela supressão da  $\Delta$ -12-dessaturase, produzindo um teor de mais de 80% nesse ácido graxo, comparado com 23% da soja convencional. Esse ácido graxo é geralmente encontrado no azeite de oliva e está relacionado com a redução das lipoproteínas aterogênicas (LDL-colesterol). Portanto, o aumento desse ácido graxo na soja pode prover uma fonte barata desses lipídios, com potencial para redução do risco de doenças cardiovascu-

lares. Além disso, os ácidos graxos monoinsaturados promovem maior estabilidade do lipídio, reduzindo a sua oxidação e aumentando a vida de prateleira do produto. O aumento de monoinsaturados com conseqüente redução do teor de poliinsaturados promove uma menor produção de ácidos graxos *trans* no processo de hidrogenação do óleo de soja para produção de gordura hidrogenada e margarina;

- c) **alergenicidade:** o silenciamento da cisteína protease P34 produziu uma soja menos alergênica, o que pode beneficiar, num futuro próximo, especialmente as crianças com alergia à soja. A proteína P34 da soja é responsável por 85% da resposta imune, mediada pela IgE, em indivíduos sensíveis à soja;
- d) **isoflavona:** a ativação da isoflavona sintase promoveu um maior acúmulo de isoflavonas (genisteína e daidzeína) na soja, aumentando seus efeitos benéficos na redução de riscos de enfermidades como câncer de mama e de próstata, osteoporose, aterosclerose e outras;
- e) **oligossacarídeos:** rafinose e estaquiase, os oligossacarídeos da soja, não são digeridos e causam flatulência e desconforto em humanos. Esses oligossacarídeos também não são digeridos por animais monogástricos, resultando numa menor eficiência alimentar. A manipulação do teor desses compostos pela biotecnologia tem sido possível pela inibição da atividade da galactinol sintase, que é a etapa inicial para a síntese desses oligossacarídeos pela rafinose sintase e estaquiase sintase. A alternativa seria a transferência da  $\alpha$ -galactosidase de uma bactéria termófila para a soja, de maneira que esses oligossacarídeos pudessem

ser benéficos para o crescimento da planta, porém, degradados após a colheita pela mudança de temperatura;

- f) **vitaminas:** tentativas de aumentar o teor de vitamina E na soja também constitui uma forma de aumentar o valor nutricional e funcional dela, visto que a vitamina E tem ação antioxidante, eficaz na prevenção do dano oxidativo provocado pelos radicais livres;
- g) **fatores antinutricionais:** os fatores antinutricionais também são alvo da engenharia genética da soja. O fitato (hexafosfato de mioinositol) presente na soja e farelo de cereais inibe a absorção de minerais como zinco, ferro e cálcio e pode reduzir a digestibilidade da proteína. O fósforo presente no composto não é disponível para absorção e acaba sendo eliminado nas fezes de animais monogástricos. A soja com menor teor de fitato promove melhor mineralização e crescimento animal, melhor utilização da proteína da dieta e menor eliminação de fósforo na natureza, reduzindo o impacto ambiental. Outros fatores antinutricionais da soja, como saponinas, inibidores de proteases e fitohemaglutininas também podem ser reduzidos pela biotecnologia, melhorando a qualidade nutricional da soja. Essas alterações devem ser avaliadas também do ponto de vista da produtividade agrícola.

## **PERSPECTIVAS DOS TRANSGÊNICOS PARA ALIMENTOS FUNCIONAIS**

A engenharia genética apresenta-se como uma via muito promissora para o desenvolvimento de alimentos funcionais, e vários outros exemplos concretos já foram demonstrados. É o caso da alteração de teores de macro e micronutrientes e sua

biodisponibilidade. Por exemplo, a redução do teor de ácidos graxos saturados em sementes como soja, canola e algodão e a elevação de teores de óleo ou de ácidos graxos da série  $\omega$ -3, como o linolênico, interessantes nutricionalmente. É o caso também da introdução de oligofrutossacarídeos em alimentos como a beterraba, através da introdução de genes que codificam enzimas para a síntese de frutanas (COSTA; BORÉM, 2003).

Já foi bastante divulgado o caso do arroz dourado que passou a produzir pró-vitamina A. Ainda nesse arroz, conseguiu-se introduzir proteínas como a ferritina e as metalotioneínas, que aumentam o teor e a biodisponibilidade do ferro.

Além das vitaminas e dos minerais, é possível, por meio da engenharia metabólica, controlar vias sintéticas e saber se o teor de fitonutrientes ou compostos bioativos, já mencionados, podem ter importante papel na saúde. O tomate transformado para possuir elevado conteúdo de licopeno e de flavonóides representa um bom exemplo dessa possibilidade.

É preciso mencionar ainda produtos mais diferenciados, como alimentos que podem servir de vacina. Trata-se de expressar antígenos específicos em frutas e vegetais ingeridos crus que permitem gerar imunidades tecidual e sistêmica contra bactérias e vírus. Nessa linha, já mencionaram também a expressão e obtenção de proteínas humanas protetoras do leite, como lactoferrinas e outras, como imunoglobulinas, destinadas a melhorar leites infantis e, também, a remoção de alérgenos críticos (COSTA; BORÉM, 2003).

A biotecnologia, por meio da engenharia genética, já disponibilizou variedades geneticamente modificadas de diferentes espécies para a população, inclusive a soja. Variedades com tolerância a herbicidas, resistência a insetos e outras já estão sendo amplamente cultivadas em diferentes países. Recentemente, variedades de soja com composição alterada de seus ácidos graxos

estão sendo cultivadas em outros países com vistas a disponibilizar produtos mais saudáveis para consumidores com propensão a doenças cardiovasculares. Variedades com perfil de lipídios igualmente saudáveis aos do girassol e canola estão em desenvolvimento. A Monsanto anunciou recentemente que até o final desta década estarão no mercado variedades de soja geneticamente modificadas com elevados teores de  $\omega$ -3.

O potencial da biotecnologia para se desenvolver variedades com atributos funcionais e melhor qualidade nutricional é extremamente promissor. Acredita-se que dentro de no máximo 5 anos variedades com diferentes modificações genéticas estejam disponíveis no mercado.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Outros componentes da soja, como as fibras, o ácido fólico, as saponinas, os fotosteróides e a própria proteína vegetal podem exercer efeitos benéficos à saúde, o que levou a soja a obter alegação de saúde pela *Food and Drug Administration* (FDA), em 1999 e pela AHA, em 2000.

A soja contém fatores sociogênicos, que podem levar ao desenvolvimento do bôcio (papo), entretanto esses fatores são voláteis e facilmente eliminados pelo cozimento. A presença de fitohemaglutininas (lectinas) e de inibidores de proteases pode reduzir a digestibilidade das proteínas da soja e a presença do ácido fólico implica numa menor absorção dos minerais da dieta. Apesar desses possíveis efeitos adversos, a soja é considerada um alimento de alto valor nutricional e funcional. Pela biotecnologia aumenta ainda mais o seu potencial de contribuir para a melhoria da alimentação e da qualidade de vida dos diversos grupos populacionais.

## REFERÊNCIAS

BORÉM, A.; GIÚDICE, M.P. del; COSTA, N.M. B. (Ed.). **Alimentos geneticamente modi-**

**ficados**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 2002. 305p.

\_\_\_\_\_; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas**. 4. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: UFV, 2005. 525p.

COSTA, N.M.B.; BORÉM, A. (Org.). **Biotecnologia e nutrição**: saiba como o DNA poderá enriquecer os alimentos. São Paulo: Nobel, 2003. 214p.

DUARTE, H.S.; COSTA, N.M.B. Alimentos hipocolesterolemiantes: feijão, soja, farelo de aveia, cebola e alho: seus efeitos e mecanismos de ação. **Cadernos de Nutrição**, Viçosa, MG, v.14, n.2, p.23-40, 1997.

INTERNATIONAL LIFE SCIENCES INSTITUTE. **Nutritional and safety assessment of foods and feeds nutritionally improved through biotechnology**. New York, 2004. 70p.

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE ROLE OF SOY IN PREVENTING CHROMIC DISEASES, 3. Supplement. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v.130, n.3, Mar. 2000.

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE ROLE OF SOY IN PREVENTING AND TREATING CHRONIC DISEASE, 5. Supplement. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v.134, n.5, May 2004.

JAMES, C. **Situação global da comercialização de lavouras geneticamente modificadas (GM)**: 2004. Manila, Filipinas: ISAAA, 2004. (ISAAA. Briefs, 32). Disponível em: <[http://www.isaaa.org/kc/CBTNews/press\\_release/briefs/32/ESummary/Executive%20Summary%20\(Portuguese\).pdf](http://www.isaaa.org/kc/CBTNews/press_release/briefs/32/ESummary/Executive%20Summary%20(Portuguese).pdf)>. Acesso em: 11 jan. 2006.

USDA. NAL. Food and Nutrition Information Center. **Iowa University Database on the Isoflavone Content of Foods**: banco de dados. Beltsville, 1999. Disponível em: <<http://www.nal.usda.gov/fnic>>. Acesso em: 10 maio 2005.

## SITES RECOMENDADOS

[www.soybean.org](http://www.soybean.org)  
[www.soyfoods.com](http://www.soyfoods.com)  
[www.talksoy.com](http://www.talksoy.com)

# Formas de consumo da soja

Maria Eugênia Lisei de Sá<sup>1</sup>

Sueli Ciabotti<sup>2</sup>

Maria de Fátima Piccolo Barcelos<sup>3</sup>

Resumo - Tradicionalmente, a proteína consumida por seres humanos vem da carne, do leite e do ovo. A partir da constatação científica de que a soja possui compostos biologicamente ativos, a espécie humana tem presenciado avanços significativos no seu uso como alimento, que atuam na prevenção de doenças (alimento funcional). Por apresentar propriedades funcionais e nutricionais, facilidade de adaptação a quase todas as regiões ecológicas do globo, alta produção e facilidade de cultivo, hoje a soja é vista por especialistas como um dos alimentos básicos para a população do futuro, visto constituir a melhor fonte de proteína de baixo custo e alto valor nutritivo. Essa leguminosa apresenta alta quantidade de proteínas e óleo e possui em sua composição, minerais, vitaminas, fibras e carboidratos. Constitui uma excelente fonte de fitoquímicos biologicamente ativos, principalmente isoflavonas, que apresentam grande potencial na prevenção de doenças. Tem-se verificado um crescente e significativo interesse pela soja, por parte da indústria alimentícia, na formulação de diferentes produtos que atraem a atenção dos consumidores e que agregam valores nutricionais aos produtos. Para atender a essa demanda, os programas de melhoramento genético também têm buscado as potencialidades genéticas da soja para o desenvolvimento de novas variedades com características diferenciadas.

Palavras-chave: *Glycine max*. Subproduto. Alimento vegetal. Propriedade funcional. Valor nutritivo. Indústria alimentícia.

## INTRODUÇÃO

A soja é uma planta de origem oriental, consumida em larga escala nos países asiáticos, sob as mais diversas formas. Foi introduzida nos Estados Unidos da América do Norte, sendo a principal fonte de matéria-prima para a extração de óleo vegetal comestível para uso na alimentação humana. No Brasil, segundo produtor mundial de soja, cerca de 70% do farelo é destinado à exportação, os 30% restantes utilizados em ração animal e uma proporção reduzida co-

mo matéria-prima industrial na forma de isolados e concentrados protéicos (GÓES-FAVONI et al., 2004).

Diversos alimentos são produzidos através da soja dando origem a farinha, proteína texturizada, isolado protéico, lecitina, leite, iogurte, *tofu*, *natto*, *miso* e consumo *in natura* como saladas e *edamame*, tendo assim uma nova geração de alimentos à base de soja, com qualidades nutricionais e funcionais, que exige novas variedades com características diferenciadas, de acor-

do com seu uso (ALBERINI; TERASAWA, 2003).

Apesar de a soja possuir bom valor nutritivo, seus produtos sofrem restrições por parte dos consumidores ocidentais, devido ao sabor característico denominado *beany flavor*. Esse sabor é, em grande parte, proporcionado pelas enzimas lipoxigenases (Lox 1, 2 e 3), as quais constituem cerca de 1% do total de proteínas presentes no grão de soja (MARTINS et al., 2002; MONTEIRO et al., 2004).

<sup>1</sup>Bióloga, D.Sc., Pesq. EPAMIG-CTTP, Caixa Postal 351, CEP 38001-970 Uberaba-MG. Correio eletrônico: eugenia@epamiguberaba.com.br

<sup>2</sup>Economista Doméstico, Doutoranda UFLA - Dep<sup>o</sup> Ciências dos Alimentos, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: sueliciabotti@terra.com.br

<sup>3</sup>Economista Doméstico, D.Sc., Prof<sup>a</sup> Adj. IV UFLA - Dep<sup>o</sup> Ciências dos Alimentos, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: piccolob@ufla.br

Vários métodos foram propostos para inativação das lipoxigenases e melhoria do sabor e aroma dos produtos de soja. Dentre eles, destacam-se os que fazem uso de energia térmica, ou seja, choque térmico (EVANGELISTA; REGITANO-D'ARCE, 1997). No entanto, esse tratamento térmico deve ser controlado para evitar a destruição de aminoácidos importantes e a diminuição das biodisponibilidades de outros nutrientes (MONTEIRO et al., 2004).

Uma alternativa para a melhoria das características organolépticas dos derivados de soja é a eliminação genética das lipoxigenases por meio de retrocruzamentos, resultando em semente com melhor aceitação por parte dos consumidores (CARRÃO-PANIZZI et al., 2002). Além disso, programas de melhoramento genético da soja para qualidades nutricionais buscam desenvolver genótipos com alto teor de proteína, melhor balanceamento de aminoácidos essenciais, redução dos fatores anti-nutricionais e dos fatores causadores de flatulência (CARRÃO-PANIZZI, 1996; MAREGA FILHO et al., 2001).

O incremento na demanda de produtos saudáveis e funcionais está abrindo espaço para mais pesquisa e produção de itens com proteínas de soja. As indústrias brasileiras confirmam essa tendência entre os consumidores brasileiros, revelando que houve crescimento de 12% nas vendas de bebidas prontas à base de soja no Brasil, em 2003, alcançando 73 milhões de litros (ANUÁRIO BRASILEIRO DA SOJA, 2004). Atualmente, pode ser encontrado no mercado uma variedade de produtos à base de soja, desde salgadinhos e sucos, a maionese e balas.

## SOJA E SUA APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

### Concentrados e isolados protéicos

O grão de soja possui, em média, 40% de proteínas, 33% de carboidratos, 20% de lipídios, 13% de água e 5% de minerais (CARRÃO-PANIZZI; MANDARINO,

1998), além de constituintes tradicionalmente considerados como antinutrientes, como: inibidor de tripsina, ácido fítico, saponinas e isoflavonas. Entretanto, atualmente, esses constituintes estão sendo considerados como benéficos para a saúde humana (ANDERSON; WOLF, 1995).

A proteína da soja apresenta características funcionais relevantes como diminuição dos níveis de colesterol e triglicérides no sangue, atividade anticarcinogênica, estimulação da excreção de ácidos biliares, efeitos hormonais benéficos, papel preventivo no processo de osteoporose, entre vários outros (KNIGHT; EDEN, 1995; MESSINA et al., 1994).

É de extrema importância a qualidade da proteína da soja e sua adaptabilidade às necessidades fisiológicas do ser humano. Dos 20 aminoácidos que o ser humano requer, onze são produzidos pelo nosso organismo. Os outros nove devem ser obtidos através de nossa alimentação diária. A proteína da soja provê todos os nove aminoácidos restantes, tornando-se uma proteína completa. Daí, a soja ser considerada como o único vegetal que oferece um perfil protéico completo. Um número cada vez maior de produtos alimentícios que contêm proteína de soja leva a um aumento imensurável de uma nova geração de ingredientes à base dessas proteínas, para desenvolver produtos de sabor agradável, facilitando ao público o uso desse ingrediente como agente hipercolesterolemênico, minimizando o uso da farmacoterapia (BAKHIT et al., 1994).

A classificação química de digestibilidade da proteína de soja passou por fases de adequação, por parte da *Food and Drug Administration* (FDA), em 1993 e atualmente, o escore químico de aminoácidos é corrigido pelo índice de digestibilidade – *Protein Digestibility – Corrected Amino Acid Score* (PDCAAS). Os valores do PDCAAS variam de próximos a 0,1 a 1,0. O valor 1,0 representa que 100% dos aminoácidos essenciais necessários a uma criança de cinco anos estão presentes na proteína da soja. A proteína de carne bovina

possui PDCAAS de 0,92, enquanto a caseína e a proteína isolada de soja alcançam 1,0 e a farinha de milho possui 0,52. Esses valores servem como exemplos da renovação de conceitos em nutrição e de novos enfoques em planejamentos estratégicos nutricionais (HENLEY; KUSTER, 1994).

Os derivados protéicos de soja apresentam-se na forma de farinhas, concentrados ou isolados protéicos, que contêm quantidades variáveis de proteínas, dependendo do processo de obtenção (LIU, 1996). O concentrado protéico de soja, processado por extração alcoólica, retém maior quantidade de proteína original do que o processo por tratamento ácido (LUI et al., 2003). A sua utilização na indústria alimentícia é amplamente difundida como “fortificante protéico” e base nutricional de alimentos liofilizados.

Na literatura, encontram-se inúmeros trabalhos analisando as características químicas dos diversos produtos comerciais obtidos a partir da soja, relacionando-os com o conteúdo de proteína e outras propriedades químicas (GARCÍA et al., 1998; TAVARES; KYAN, 2002). As isoflavonas, compostos bioativos que apresentam efeitos benéficos à saúde humana, também podem sofrer alterações em quantidade e perfil de distribuição, dependendo das condições de processamento dos produtos comerciais (LIU et al., 2003; GÓES-FAVONI et al., 2004).

Na indústria de produtos cárneos, os derivados protéicos de soja são amplamente utilizados por suas propriedades emulsificantes, estabilizantes e capacidade de aumentar a retenção de água com a subsequente melhora da textura do produto final (MACEDO-SILVA et al., 2001). A adição de ingredientes protéicos em marinados é permitida legalmente, desde os anos 70, em virtude de suas propriedades funcionais e aspecto econômico. Porém, seu emprego como ingrediente em frangos inteiros congelados ou resfriados comercializados *in natura* não é permitido (ADITIVOS..., 1998). O isolado protéico é também usado no processamento de embutidos, almô-

degas, quibe, hambúrguer e de outros produtos cárneos.

A proteína isolada de soja pode ser extraída do grão por processos químicos ou mecânicos. Envolve o uso de temperatura, maceração e utilização de água ou álcool. Possui peso seco de 90% de proteína e está inserida na produção de compostos dietéticos e dietoterápicos. O consumo de alimentos preparados com esses compostos pode ser dirigido especificamente à terapia nutricional (nutrição enteral, nutrição oral especializada) ou à nutrição popular (leites especiais, compostos nutricionais fortificados) (KLEIN et al., 1995).

Os isolados protéicos de soja podem ainda ser incorporados em uma diversidade de alimentos sólidos e de bebidas, que podem ser formulados especificamente para que contribuam para uma ingestão diária de proteína (WASHBURN et al., 1995). O consumo diário de 25 g de proteína de farinha de soja integral ou de proteína texturizada de soja (PTS) contribui com mais de 50 mg de isoflavonas totais na dieta (GÓES-FAVONI et al., 2004).

### **Óleo de soja e seus produtos**

O grão de soja contém, em média, 20% a 22% de óleo, que fornece as calorias necessárias ao organismo, permitindo que as proteínas ingeridas da dieta sejam metabolizadas para a síntese de novos tecidos, ao invés de serem destinadas à produção de energia (CARRÃO-PANIZZI; MANDARINO, 1998). É utilizado na alimentação após ter sido refinado e transformado em margarinas, condimentos e gorduras. Um dos produtos de soja mais consumidos na culinária é o óleo. Nesse óleo, os principais ácidos graxos (expressos como porcentagem do peso dos ésteres metílicos correspondentes) encontram-se, em média, nas seguintes proporções: ácido palmítico, 11,8%, ácido oléico, 26,8%, ácido linoléico, 46,4% e ácido linolênico, 15,0% (TONIOLO; MOSCA, 1991).

Os óleos e as gorduras são a forma mais concentrada de energia nos alimentos e, nesse particular, são duas vezes mais efi-

cientes do que as proteínas ou os carboidratos. São constituintes normais das membranas celulares, os únicos fornecedores de ácidos graxos essenciais e, por isso, desempenham importante função na síntese de prostaglandina. Regulam o nível de lipídeos do sangue, são veículos transportadores de vitaminas lipossolúveis, além de transportar outros compostos, como carotenóides, pigmentos e esteróis (SILVEIRA et al., 1989).

O óleo de soja comestível possui as seguintes aplicações: manufatura de antibióticos; óleo de cozinha; maionese; margarina; produtos farmacêuticos; tempero para salada; óleo para salada; pasta para sanduíche; gordura vegetal; produtos medicinais. Na indústria química pode ainda ser usado como: ingredientes para calefação; óleo refugado; desinfetantes; isolamento elétrico; inseticidas; tecidos oleados; tintas para impressão; revestimentos plásticos; massa para vidraceiro; sabão; cimento à prova d'água; tábua de construção (EMBRAPA SOJA, 2005).

### **Lecitina**

A lecitina é um grupo de fosfolipídeos que ocorre naturalmente nos grãos de soja e é também encontrada em quase toda célula viva. Há muito tempo, a indústria alimentícia reconhece a lecitina como um emulsificador lipofílico, usado em produtos como margarina e chocolate. Além disso, pode-se incluir uma gama mais ampla de funções como umidificação, dispersão, lubrificação, aspersibilidade e facilidade de manuseio na forma de pó seco. Gomas de lecitina são obtidas do óleo de soja, após a extração do óleo dos flocos de soja. A lecitina é removida do óleo de soja por um processo de precipitação de vapor. Nesse estágio, as gomas contêm cerca de 25% de umidade, 50% de fosfolipídeos e 25% de óleo de soja. As gomas são secas em vácuo até cerca de 65% do teor de fosfolipídeos. A partir daí, uma grande variedade de lecitinas refinadas é produzida por filtração, mistura, composição, modificação enzimática ou química ou remoção de óleo (SOLAE COMPANY, 2005).

A lecitina de soja é um suplemento alimentar rico em fosfolipídeos, que auxilia na manutenção do funcionamento das células nervosas, beneficiando a memória. Esses componentes são essenciais para o bom funcionamento do sistema nervoso e das atividades cerebrais. Atuam também no controle dos níveis de colesterol e triglicérides.

As lecitinas são, sem dúvida alguma, os emulsionantes naturais com maior número de aplicações nas indústrias alimentícias, tais como:

- a) agente emulsificante: produtos de padaria, produção de balas;
- b) agente ativo de superfície: revestimento de chocolate, produtos farmacêuticos;
- c) nutrição: uso médico, uso doméstico;
- d) agente contra salpiqueiro: fabricação de margarina;
- e) agente estabilizador: gorduras.

Encontramos também inúmeras aplicações em indústrias químicas, onde sua ação como emulsionante de excelente relação custo/benefício é sempre uma solução viável e segura. Estas são (EMBRAPA SOJA, 2005):

- a) agente antiespumante: fabricação de espuma, fabricação de álcool;
- b) agente dispersante: fabricação de tintas, inseticidas;
- c) agente umidificante: cosméticos, pigmentos, substituto do leite para bezerros, metais em pó, têxteis, produtos químicos;
- d) agente estabilizante: emulsões;
- e) agente antiderrapante: gasolina.

## **CONSUMO DIRETO DA SOJA NA ALIMENTAÇÃO HUMANA**

### **Soja em grãos**

A soja em grãos é a forma mais simples e direta de se consumir essa leguminosa. Os grãos de soja ao atingirem o ponto de

maturação de colheita, nos campos de plantio, são colhidos e quando não conduzidos para a extração do óleo vegetal comestível ou para outro fim, podem ser consumidos em sua forma direta de grãos após processamento adequado. O tamanho dos grãos de soja maduros varia de acordo com a cultivar, sendo a sua coloração amarelada, com ausência ou presença de hilo escuro.

Alto teor de umidade em grãos de soja favorece o crescimento de fungos, transferindo odor de mofo aos grãos, depreciando-os como alimento. Grãos de soja com conteúdo inicial de 12% de umidade podem ser estocados por dois anos. Com 13% a 15% de umidade, os grãos podem ser estocados por vários meses, durante o tempo frio, e, em conteúdo de umidades superiores a esses valores, precisam ser submetidos a um processo de secagem antes da estocagem (WOLF; COWAN, 1979).

Os grãos de soja são consumidos após serem lavados, podendo ser macerados (colocados na água por algumas horas) ou não e, em seguida, submetidos a um tratamento térmico adequado (fervura pelo tempo suficiente para cozimento, no mínimo 10 minutos). O tratamento térmico deve ser realizado, não só para tornar a textura do grão de soja macia, mas também para melhorar a qualidade nutricional da soja, pois o calor elimina os antinutrientes presentes nessa leguminosa. Além disso, elimina o sabor característico da soja. Após o cozimento, pode ser consumida nas mais diversas formas, tais como saladas, ensopados, em preparações de sobremesas, patês, em panificação, salgada após torração ou após a fritura dos grãos. Pelo fato de a soja ser destituída de amido, ao ser cozida, não proporciona caldo espesso.

A soja pode ser consumida pelo homem também em sua forma de grãos verdes. Para tanto, deve ser colhida na época em que os grãos já atingiram todo o seu potencial de síntese de constituintes químicos, porém antes de atingir o ponto de maturação de colheita. O grão de soja-verde possui elevado teor de umidade (acima de 60%) e, portanto, apresenta-se maior do que o grão

convencional maduro, cor atraente, sabor suave, textura macia, necessitando de tempo mais reduzido de cozimento (BARCELOS, 1998). A soja pode ser enlatada e comercializada, semelhantemente aos tradicionais vegetais enlatados como a ervilha e o milho verde, bastante apreciados para consumo em forma de salada. No Brasil, o consumo do grão de soja ainda verde acontece apenas de forma artesanal, devido à falta de tecnologia apropriada em escala industrial para a retirada do grão de soja de suas respectivas vagens.

### Broto de soja

O broto de soja é obtido em poucos dias de germinação e com vantagem ainda de não requerer luz solar, nem solo ou agrotóxicos para a sua obtenção (CHEN et al., 1975; BAU et al., 1997). O consumo do broto de soja puro é uma prática milenar no Oriente e já se observa a expansão do consumo desse tipo de alimento no Ocidente. Essa prática, além de ser simples e econômica, proporciona alto rendimento.

O grão germinado deve ser submetido a um tratamento térmico antes de ser consumido e é utilizado em saladas, omeletes, sopas e em preparações combinadas com carnes, possuindo sabor agradável.

A germinação de sementes proporciona aumento do valor nutritivo do grão, pela melhoria da digestibilidade protéica e pelo considerado valor do *Protein Efficiency Ratio* (PER) (BARCELOS et al., 2002). Esse processo reduz os fatores antinutricionais das leguminosas, tais como inibidores proteolíticos e lectinas, além de provocar a hidrólise dos oligossacarídeos (rafinose e estaquiase) presentes na soja, os quais são causadores de flatulência. Tem-se observado ainda aumento na biodisponibilidade de minerais e vitaminas, principalmente vitamina C, nesse tipo de alimento.

### Extrato de soja

O extrato de soja (leite de soja, *soymilk*) normalmente é obtido a partir de grãos de soja e água, na proporção 1:10 (p/v). As etapas rotineiras para a obtenção do extrato

de soja são: seleção, pesagem dos grãos, limpeza, maceração (12 horas), trituração, processamento térmico (em torno de 98°C/5'), filtração e correção do volume final (SMITH; CIRCLE, 1978; LIM et al., 1990; JACKSON et al., 2002). A Figura 1 apresenta os passos para obtenção do extrato de soja tradicional. Trata-se de um produto de sabor característico de soja e aparentemente semelhante ao leite animal. É importante salientar que da fabricação do extrato de soja é gerado o resíduo denominado pelos orientais de *okara* e que pode ser utilizado em outras preparações para a alimentação humana: doces, farinhas, bolos e outros.

A atual legislação brasileira que aprovou o Regulamento Técnico para fixação de identidade e qualidade de alimento com soja, através da Resolução nº 91/2000 (ANVISA, 2000), informa que: "É vedada a utilização da expressão "leite de soja". Em outros países o produto em questão é denominado *soymilk* e vale salientar, por curiosidade, que o produto leitoso que se obtém do coco é tratado pela legislação brasileira de "leite de coco".

O processamento da soja para obtenção de extrato tem sido amplamente estudado, objetivando-se avaliar a qualidade desse produto (CAI et al., 1977; FUKUTAKE et al., 1996; LAMBRECH et al., 1996; BHARDWAJ et al., 1999; MULLIN et al., 2001).

Por razões comprovadas, o consumo da soja tem aumentado nos países do Ocidente, mas com um fator limitante pela população, que é o sabor e odor dos produtos da soja (TORRES-PENARANDA; REITMEIER, 2001).

O sabor indesejável na soja, atribuído à ação das lipoxigenases, tem sido alvo de diversas pesquisas. Foi proposto por Nelson et al. (1976) a inativação das enzimas lipoxigenases em grãos de soja macerados por branqueamento (imersos em água fervente por 10 minutos e em seguida resfriados) ou de grãos não macerados diretamente na água fervente por 20 minutos, seguido de resfriamento, o que causa hidratação simultânea e inativação das enzimas. O branqueamento baseia-se na suposição de que os



Figura 1 - Passos do extrato de soja para obtenção do *tofu*

NOTA: A - Pesagem da soja (100 g) e hidratação por 12 horas (maceração); B - Drenagem da água de maceração; C - Trituração com proporção soja: água; D - Filtragem; E - Processamento térmico 98°C/5'.

compostos responsáveis pelo sabor indesejável estão ausentes no grão intacto, mas a quebra ou danificação desses tecidos resulta em seu desenvolvimento instantâneo.

Segundo Moreira (1999), a inativação térmica das lipoxigenases tem sido utilizada pelas indústrias de alimentos, pois sabor, odor e cor agradáveis do produto alimentício são características importantes para a indústria. Mesmo após a inativação das isoenzimas pelo tratamento térmico, o processo de degradação pelos ácidos graxos poliinsaturados continua, mas a uma menor velocidade, por meio de reações de auto-oxidação (RACKIS et al., 1979).

O tratamento térmico tem sido eficaz, porém não permite a total inativação das isoenzimas lipoxigenases do grão inteiro, uma vez que cada isoenzima possui sua particularidade de ação. Pesquisas no campo da genética do grão têm sido conduzidas para obter linhagens isentas dessas isoenzimas (BORDINGNON; MANDARINO, 1994), para reduzir ou eliminar o sabor indesejável da soja, aumentando o seu consumo em alguns mercados (TORRES-PENARANDA et al., 1998; TORRES-PENARANDA; REITMEIER, 2001).

O extrato de soja pode ser consumido nas mais variadas formas, tais como puro, quente ou gelado, com sabores de frutas variadas, acidificado, fermentado, sorvetes, em substituição parcial ou total do leite de vaca, usado em diferentes preparações de massas, e utilizado em misturas para obtenção de leite condensado e doce de leite pastoso e outras formulações.

### **Tofu**

O *tofu* é o produto obtido do extrato de soja com adição de sais de cálcio ou de magnésio ou adição de ácidos (gluconato- $\delta$ -lactona, ácido acético ou outros), para precipitação das proteínas (SMITH; CIRCLE, 1978), produzindo gel resultante da formação de uma rede com retenção de água, lipídios e outros constituintes (LU et al., 1980; POYSA; WOODROW, 2002;), com textura lisa, macia e elástica (WANG, 1984).

Os tipos de *tofu* orientais foram classificados por Wang (1984) pela composição aproximada de 85% de água, 7,55% de proteínas e 4,3% de lipídios, como *tofu soft*, que tem uma textura macia e firme o bastante para manter sua forma quando cortado. O *tofu* com quantidade de 87% a 90% de água é macio e sua textura é frágil, sendo especialmente popular no Japão e os *tofus* com baixa quantidade de água, entre 50% e 60%, são típicos dos chineses. Já os *tofus* encontrados no mercado americano contêm aproximadamente de 75% a 80% de água.

São várias as formas de consumir o *tofu*, podendo ser puro ou com molhos, frito, com patês, como ingredientes de saladas, recheios de tortas e de panquecas. Enfim, pode-se consumi-lo das mais variadas maneiras, algumas semelhantes às de consumo de queijos.

Uma vez que o extrato de soja (leite de soja) esteja preparado, segue a etapa de obtenção do *tofu*, que se estabelece em coagulação das proteínas, por um tempo adequado (utilizando agentes coagulantes), corte da massa e enformagem para separação do soro.

A maior parte das proteínas da soja denominadas glicinina e conglicinina é classificada como globulinas e são insolúveis em água, apresentando ponto isoelétrico em pH 4,0–5,0 (WOLF, 1978; SGARBIERI, 1996).

Alguns fatores influenciam a produção do *tofu*, tais como a quantidade total de proteínas nos grãos de soja – glicinina (11S) e  $\beta$ -conglicinina (7S) (SAIO et al., 1969 apud MUJOO et al., 2003), que perfazem 70% da proteína total da soja, ficando o restante sedimentado na fração 2S e 15S (FUKUSHIMA, 1980).

A coagulação das proteínas de soja para obtenção do *tofu* ocorre, quando essas são insolubilizadas irreversivelmente como resultado do desdobramento das moléculas que são atraídas pela neutralização das cargas para formar pontes intermoleculares, quando adicionados sais ou agentes acidificantes (SMITH; CIRCLE, 1978; FUKUSHIMA, 1980).

Quando íons de sais de cálcio ou de magnésio são adicionados ao extrato de soja quente, ocorre a coagulação, em consequência da diminuição das cargas negativas da proteína como resultado da união de íons positivos com aminoácidos carregados negativamente nas moléculas de proteína. Conseqüentemente, a molécula aberta é capaz de se agregar, devido à repulsão eletrostática e, dessa forma, a coagulação é irreversível. Na coagulação ácida, as cargas negativas das proteínas são diminuídas pela protonação de  $\text{-COO}^-$  ácido com resíduos de aminoácidos. O coagulante “glucona- $\delta$ -lactona” é hidrolisado para ácido glucônico e age como agente acidificante (FUKUSHIMA, 1980).

Ocorre uma diferença acentuada entre as propriedades físicas e o gel de *tofu* feito de globulinas 7S e 11S. A globulina 7S ( $\beta$ -conglicinina) não contém grupos  $\text{-SH}$  livres e apenas duas ligações dissulfeto por molécula, ao passo que a globulina 11S (glicinina) tem vários grupos  $\text{-SH}$  livres e um grande número de ligações dissulfídricas. No caso de estudos do preparo do *tofu* com separação dessas proteínas, verifica-se que, o gel de *tofu* feito de globulina 7S é principalmente estabilizado por ligações hidrofóbicas, ao passo que o gel de *tofu* feito de globulina 11S é estabilizado por ligações dissulfídricas formadas pela reação de intercâmbio sulfidril/ dissulfeto e ligações hidrofóbicas. Essa é a razão por que o gel de *tofu* 7S é macio e menos elástico, ao passo que o gel de *tofu* 11S é muito mais elástico (FUKUSHIMA, 1980; MUJOO et al., 2003).

A insolubilização irreversível das proteínas pode ocorrer principalmente pela formação de ligações dissulfídricas e hidrofóbicas intermoleculares. O produto pode ser bem diferente, dependendo da contribuição relativa desses dois tipos de ligações. As ligações hidrofóbicas são formadas entre as cadeias laterais de aminoácidos hidrofóbicos, principalmente valina, leucina, isoleucina e fenilalanina. Essas cadeias laterais compartilham uma falta comum de afinidade pela água e são empur-

radas juntas para fora da rede de moléculas de água, a fim de que a água possa preservar a sua estrutura. Toda ligação hidrofóbica é uma ligação fraca, mas contribui significativamente para a estabilização do estado polimerizado, se houver resíduos hidrofóbicos expostos suficientes entre as moléculas. Em contraste, ligações dissulfídricas são covalentes e fortes. Portanto, a quantidade de formação de ligação dissulfídrica intermolecular terá uma grande influência nas propriedades físicas das proteínas insolúveis (FUKUSHIMA, 1980).

A Figura 1 apresenta o método usual de preparo do extrato de soja para obtenção do *tofu*, e a Figura 2 as etapas de obtenção do *tofu* (CIABOTTI, 2004).

### **Proteína texturizada de soja (PTS)**

A extrusão térmica tem sido empregada como uma tecnologia para texturizar proteínas vegetais desengorduradas, dando a elas uma estrutura fibrosa e semelhante à de carne (HORAN, 1977).

A PTS é obtida com o uso de um extrusor, onde a matéria-prima (soja) umedecida (10% a 40 %) é conduzida por uma rosca através de um cilindro com ranhuras, proporcionando forças de cisalhamento (800 a 1000 rpm) em condições de pressão 17 a 60 atm e temperaturas elevadas 120°C a 180°C (podendo se exceder), por um curto período de 1 a 2 minutos. É, portanto, considerado um tratamento de *high-temperature-short-time* (HTST), o que minimiza a degradação de nutrientes pelo calor, enquanto melhora a digestibilidade pela desnaturação da proteína e destruição de inibidores proteolíticos, bem como outros fatores antinutricionais e, ainda, destruindo microorganismos (ARÊAS, 1986; EL-HADY; HABIBA, 2003).

Proteínas texturizadas têm sido obtidas de várias fontes, sendo, além da soja, também do feijão, do amendoim e de outras. A soja é a mais explorada e estudada, devido, principalmente, a sua disponibilidade, baixo custo, alta qualidade e conhecida adequabilidade como alimento humano

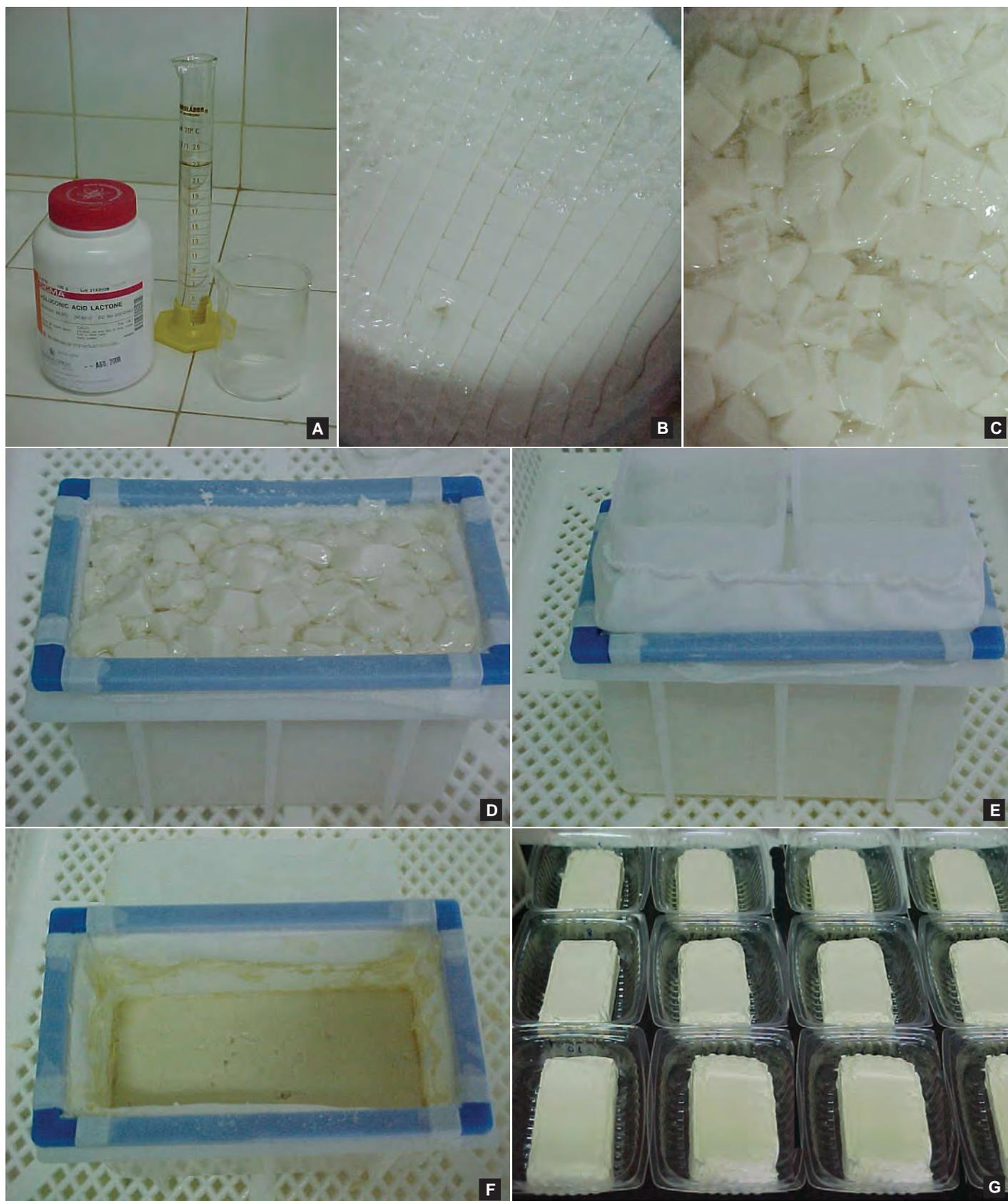


Figura 2 - Etapas de obtenção do *tofu*

NOTA: Tempo total do *tofu* partindo do extrato de soja (leite de soja) em torno de 1 hora.

A - Preparo do coagulante (2 g/20 mL de água) e adição ao extrato de soja (20 mL/1 litro de extrato de soja); B - Coagulação por 10' e corte da coalhada; C - Mexedura; D - Enformagem; E - Prensagem; F - *Tofu* prensado; G - *Tofus* nas embalagens.

(BOYER, 1978; STANLEY, 1989). El-Hady e Habiba (2003) examinaram os efeitos das condições de maceração e de extrusão sobre os fatores antinutricionais de farelo integral de *Faba beans* (*Vicia faba*), ervilhas (*Pisum sativum*), grão-de-bico (*Cicer arietinum*) e *Kidney beans* (*Phaseolus vulgaris*).

Materiais básicos provenientes da soja, mais comumente utilizados para a obtenção de PTS são farinha desengordurada, concentrados e isolado protéico. Para este último, há a inconveniência do preço mais elevado que os demais. De preferência, a farinha de soja desengordurada deve ter um mínimo de 50% de proteína e menos que 1% de gordura para obtenção de uma proteína satisfatória (CHEFTEL, 1986; CHEFTEL et al., 1989).

Atualmente, a PTS, com base principalmente em suas propriedades funcionais satisfatórias, é empregada nas indústrias alimentícias, destacando-se como extensor de produtos cárneos, substituindo parte da carne em fabricação de salsichas, linguiças, presuntos, mortadelas, almôndegas, hambúrgueres e outros (CLARK, 1978; BHATTACHARYA et al., 1986; CAMIRE et al., 1990; MACEDO-SILVA, 2001). Portanto, a soja tem sido bastante utilizada na alimentação humana em preparações análogas àquelas em que se utiliza a carne.

Por outro lado, a tecnologia de extrusão-cocção tem sido aplicada como tecnologia apropriada para elaborar alimentos de interesse social, como misturas de cereais e leguminosas pré-cozidas, para utilização nas preparações de sopas, mingaus, omeletes, *snakes* enriquecidos e proteína vegetal texturizada (GONZÁLES et al., 2002).

O cozimento por extrusão tem vantagens incluindo a versatilidade, alta produtividade, baixos custos operacionais, eficiência energética e tempos de cozimento mais curto. A aplicação do cozimento por extrusão ao processamento de leguminosas desenvolveu-se rapidamente na última década e pode agora ser considerado como tecnologia própria. Essa técnica permite a redução de fatores antinutricionais e, por-

tanto melhoraria a qualidade nutricional a um custo menor do que outros sistemas de aquecimento (panificação, autoclavagem, etc.), devido a um uso mais eficiente de energia e melhor controle do processo com maiores capacidades de produção (ALONSO et al., 1998).

### Farinha de soja

A farinha de soja comum é definida como um produto com certa granulação, obtida por extração do óleo em solvente ou prensagem, de uma matéria-prima sem impurezas, selecionada, sadia e descascada. Por outro lado, a farinha de soja integral não é submetida a qualquer processo de extração e, por isso, contém todo o óleo original presente nos grãos (TANGO, 1972).

García et al. (1998) definiram a farinha de soja ou pó (*grits*) como produtos preparados a partir da trituração dos grãos, em flocos ou lâminas, submetidos, antes ou após, à extração do óleo. Posteriormente, o produto é passado por uma malha de 100-325 *mesh* (no caso da farinha) ou por uma malha de 10-80 *mesh* (no caso de pó), seguido do tratamento térmico para controle de umidade e obtenção de produto com diferentes índices de solubilidade de nitrogênio.

Em razão do baixo teor de carboidratos, a farinha de soja é caracterizada pela sua porção protéica, diferente das demais farinhas que são, na sua maioria, caracterizadas por sua porção amilácea. Na forma de farinha, a soja está presente em pães, produtos de panificação, uso como mistura ao leite, iogurtes e outros.

As farinhas de soja são produzidas em vários tipos, onde os níveis de proteína e gordura são variados e aplicados diferentes graus e tipos de calor para a sua obtenção. Os principais tipos de farinhas foram classificados por Smith e Circle (1978) de acordo com a sua finalidade de uso, como:

- a) farinha de soja integral: contém óleo original do grão de soja, geralmente em torno de 18% a 21%. É o tipo de farinha, cuja obtenção pode ser por

meio dos grãos crus submetidos ao calor seco e, posteriormente, moídos. Uma alternativa, é submeter os grãos ao branqueamento e, em seguida, ao calor seco e moagem;

- b) farinha de soja desengordurada: é obtida pelos processos convencionais de extração de óleo e contém menos de 1% do óleo residual;
- c) farinha de soja com baixo teor de gordura: é obtida pela remoção parcial do óleo ou por adição de óleo à farinha desengordurada (teor de óleo de 5% a 6%);
- d) farinha de soja lecitinada: geralmente, adicionam-se 15% de lecitina na farinha desengordurada, para aumentar sua solubilidade para outros usos.

### Tempeh

O *tempeh* é um produto obtido da fermentação da soja, pelo fungo *Rhizopus oligosporus*, e, com a presença de bactérias e leveduras, adquirem o sabor e o odor característicos após 20 a 24 h, à temperatura de 30°C (WANG, 1984). O *tempeh* é o mais importante alimento fermentado de soja originário da Indonésia e constitui uma das principais fontes de proteínas e vitaminas daquela população (HESSELTINE; WANG, 1978).

A quantidade de proteína na matéria integral é em torno de 20% e na matéria seca em torno de 50% (LIENER, 1978). A composição dos aminoácidos das proteínas não é alterada durante o processo de obtenção do *tempeh*, porém ocorre aumento de aminoácidos livres no processo de fermentação, o que contribui para esse produto ter um sabor agradável (LIENER, 1978; WOOD, 1985 apud DEMIATE et al., 1994).

Alguns oligossacarídeos relacionados com a flatulência, como a rafinose, são consumidos pela fermentação, o que torna benéfica a elaboração do *tempeh*. O produto apresenta baixas quantidades de carboidratos e contém ferro, cálcio, fósforo, tiamina, riboflavina, piridoxina, ácido fólico e cobalamina. Os níveis de cobalamina, ri-

boflavina e niacina aumentam, se comparados com a soja em, 3, 2 e 6 vezes respectivamente (STEINKRAUS, 1985 apud DEMIATE et al., 1994).

### Miso

*Miso* também conhecido como pasta de soja, é um alimento tradicional fermentado, produzido em vários países do Oriente. Difere-se do *natto* e *tempeh* porque é preparado com mistura de soja com arroz ou cevada, ou somente soja e uso de sal (HESSELTINE; WANG, 1978; IMAMURA et al., 1996). O cereal é primeiramente inoculado com *Aspergillus oryzae* e, em seguida, é misturado à soja. Inúmeras variações são possíveis com base na presença de substrato, quantidade de sal, tempo de fermentação.

O tempo de fermentação é conhecido somente por pessoas experientes no processo de fabricação e, por esse motivo, Imamura et al. (1996) utilizaram para monitorar o processo de fermentação do *miso*, um sensor composto de vários eletrodos com membranas lipídicas que detectam alterações ocorridas no meio de acordo com o tempo de fermentação. Os pesquisadores concluíram que a fermentação do *miso* pode ser monitorada facilmente, usando o sensor de gosto.

A aparência do *miso* assemelha-se à consistência da pasta de amendoim com textura lisa. A cor varia do amarelo-claro brilhante para o muito escuro. Geralmente o *miso* escuro é de sabor mais forte (HESSELTINE; WANG, 1978).

Usualmente, o *miso* é consumido como ingrediente para sopas, tempero para carnes, peixes e vegetais. A proteína do *miso* é de mais alto valor biológico que a soja cozida e alto teor de cálcio. Durante o processamento 30% a 50% da tiamina é perdida na fase de maceração e cozimento. Portanto, a riboflavina é sintetizada por *Aspergillus oryzae* e também pela produção de vitamina cobalamina e ácido fólico numa fermentação complementar. O ácido fítico é eliminado por fitases fúngicas (EBINE, 1986 apud DEMIATE et al., 1994).

Recentemente, Onda et al. (2003) isolaram e caracterizaram uma bactéria da pasta de *miso* designada *Lactococcus* sp. GM005. Essa bactéria produz uma bacteriocina com forte atividade antibactericida que é de interesse especial, devido ao potencial de uso como preservativo natural de alimentos.

### Natto

*Natto* é o produto obtido da fermentação natural da soja, sendo um dos poucos alimentos fermentados, predominantemente, pela ação de bactérias denominadas *Bacillus natto*, identificada como *Bacillus subtilis*. O *natto* possui um odor característico e persistente e é também coberto por uma camada viscosa de ramificações de polímeros produzidos por esse microorganismo. Embora seja bem conhecido no Japão, o *natto* não é freqüentemente consumido como o *miso*, devido às suas características (HESSELTINE; WANG, 1978).

No Japão, o *natto* é consumido com molho ou mostarda e, muitas vezes, no café da manhã ou no jantar, acompanhado de arroz. Pode ser obtido artesanalmente por uma operação simples (HESSELTINE; WANG, 1978).

O teor de proteína do *natto* é, aproximadamente, o mesmo do *tempeh* e a composição de aminoácidos essenciais não difere de outros produtos da soja (LIENER, 1978).

### Sauce soy (shoyu)

*Sauce soy* é o produto líquido marrom-escuro, fermentado, de gosto salgado, cheiro característico, obtido de soja e trigo fermentados. É um agente de tempero em preparações de alimentos, bem como condimento oriental e também usado em outros países. No Japão, é denominado de *shoyu* (HESSELTINE; WANG, 1978). A produção anual de molho de soja é em torno de 1 milhão de kg. Esse tempero tem sido adotado dentro de várias cozinhas do mundo (TANAKA et al., 2005).

A fermentação do molho de soja (*shoyu*) é essencialmente o processo de hidrólise enzimática de proteína, carboidratos e

outros constituintes da soja e do trigo, para peptídeos, aminoácidos, açúcares, álcoois, ácidos e outros compostos de baixo peso molecular por enzimas produzidas por bactérias e leveduras (HESSELTINE; WANG, 1978).

Devido ao alto teor de sal, o grande consumo de *shoyu* está sendo relacionado com áreas de maior ocorrência de hipertensão arterial. Para melhorar o produto, passou-se a produzir o molho de soja com baixos teores de sal (DEMIATE et al., 1994).

O *shoyu* tem sido reconhecido por conter alta atividade antioxidativa e combater os radicais livres. Embora os compostos nitrogenados sejam enfatizados como importante atividade antioxidativa no *shoyu*, o componente de cor escura tem sido reconhecido como melanoidinas, produto do processo da reação de Maillard, que também sugere como forte componente de atividade antioxidante (MOON et al., 2002).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar do valor alimentício da soja, esta ainda não é utilizada suficientemente, como deveria, na dieta alimentar do brasileiro. Apenas o óleo é usado largamente na cozinha, e as tortas (subprodutos), na alimentação animal.

Ultimamente, vem surgindo no mercado numerosos produtos à base de soja, nos quais a indústria alimentícia tem direcionado seu uso como alimento funcional para agregar valores nutricionais. Somente nos Estados Unidos, as vendas de alimentos à base de soja quadruplicaram desde 1992, passando de US\$ 852 milhões, para US\$ 3,7 bilhões. No entanto, no Brasil, essas estatísticas ainda são muito baixas. Uma das razões é o elevado custo de industrialização e comercialização da soja, o que impede seu uso pelas camadas de menor poder aquisitivo. Além disso, o nível de conscientização da população também é muito reduzido. Torna-se, portanto, imprescindível a divulgação das diversas opções de consumo oferecidas pela soja e os benefícios à saúde a ela associados.

## REFERÊNCIAS

- ADITIVOS: a irresistível tendência dos blends. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v.22, n.258, p.18-29, ago. 1998.
- ALBERINI, J.L.; TERASAWA, F. Desenvolvimento de 16 novas cultivares de soja destinadas à alimentação humana. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 25., 2003, Uberaba. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja/Fundação Triângulo, 2003. p.58. (Embrapa Soja. Documentos, 209).
- ALONSO, R.; ORUE, E.; MARZO, F. Effects of extrusion and conventional processing methods on protein and antinutritional factor contents in pea seeds. **Food Chemistry**, v.63, n.4, p.505-512, Dec. 1998.
- ANDERSON, R.L.; WOLF, W.J. Compositional changes in trypsin inhibitors, phytic acid, saponins and isoflavones related to soybean processing. **The Journal of Nutrition**, v.125, p.581S-588S, 1995.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA SOJA 2004. Santa Cruz do Sul, RS: Gazeta, 2004. 152p.
- ANVISA. Portaria nº 91, de 18 de outubro de 2000. Aprova o Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Alimento com Soja. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 20 out. 2000. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2000/91\\_00rde.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/2000/91_00rde.htm)>. Acesso em: 24 jun. 2005.
- ARÊAS, J.A.G. Extrusion of foods proteins. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v.32, n.4, p.1311-1322, 1986.
- BAKHIT, R.M.; KLEIN, B.P.; ESSEX-SORLIE, D.; HAM, J.O.; ERDMAN, J.W.; POTTER, S.M. Intake of 25g of soybean protein with or without soybean fiber alters plasma lipids in men with elevated cholesterol concentrations. **The Journal of Nutrition**, v.124, n.2, p.213-222, Feb. 1994.
- BARCELOS, M. de F.P. **Ensaio tecnológico, bioquímico e sensorial de soja e guandu enlatados no estágio verde e maturação de colheita**. 1998. 160f. Tese (Doutorado em Nutrição) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- \_\_\_\_\_; VILAS BOAS, E.V. de B.; LIMA, M.A.C. Aspectos nutricionais de brotos de soja e de milho combinados. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.4, p.817-825, jul./ago. 2002.
- BAU, H.M.; VILLAUME, C.; NICOLAS, J.P.; MÉJEAN, L. Effect of germination on chemical composition, biochemical constituents and antinutritional factors of soya bean (*Glycine max*) seeds. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.73, n.1, p.1-9, Jan. 1997.
- BHARDWAJ, H.L.; BHAGSARI, A.S.; JOSHI, J.M.; RANGAPPA, M.; SAPRA, V.T.; RAO, M.S.S. Yield and quality of soymilk and tofu made from soybean genotypes grown at four locations. **Crop Science**, Madison, v.39, n.2, p.401-405, Mar./Apr. 1999.
- BHATTACHARYA, M.; HANNA, M. A.; KAUFMAN, R.E. Textural properties of extruded plant protein blends. **Journal of Food Science**, Chicago, v.51, n.4, p.988-993, 1986.
- BORDINGNON, J. R.; MANDARINO, J. M. G. **Soja: composição química, valor nutricional e sabor**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1994. 31p. (EMBRAPA-CNPSo. Documento, 70).
- BOYER, R.A. Technological gaps in vegetable protein texturization. **Journal of Texture Studies**, Westport, v.9, n.1, p.179-189, 1978.
- CAI, T.D.; CHANG, K.C.; SHIH, M.C.; HOU, H.J.; JI, M. Comparison of bench and production scale methods for making soymilk and tofu from 13 soybean varieties. **Food Research International**, Amsterdam, v.30, n.9, p.659-668, Sept. 1977.
- CAMIRE, M.E.; CAMIRE, A.; KRUMAHAR, K. Chemical and nutritional changes in foos extrusion. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v.29, n.1, p.35-57, 1990.
- CARRÃO-PANIZZI, M.C. Melhoramento de soja para qualidades nutricionais. In: MORAIS, A.A.C. de; SILVA, A.L. da. **Soja: suas aplicações**. Rio de Janeiro: MEDSI, 1996. p.191-206.
- \_\_\_\_\_; ALMEIDA, L.A.; KIIHL, R.A.S.; SILVA, J.B. da; KIKUCHI, A.; MANDARINO, J.M.G.; MIRANDA, L.C. Desenvolvimento de germoplasma de soja com características adequadas para o consumo humano *in natura* e para a indústria de alimentos. In: HOFFMANN-CAMPO, C.B.; SARAIVA, O.F. (Org.). **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja - 2001: melhoramento e transferência de tecnologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2002. p.19-22. (Embrapa Soja. Documentos, 191).
- \_\_\_\_\_; MANDARINO, J.M.G. **Soja: potencial de uso na dieta brasileira**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1998. 16p. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 113).
- CHEFTEL, J.C. Nutritional effects of extrusion-cooking. **Food Chemistry**, v.20, n.4, p.263-283, Jan. 1986.
- \_\_\_\_\_; CUQ, J.L.; LORIENT, D. **Proteínas alimentarias**. Zaragoza: Acribia, 1989. 346p.
- CHEN, L.H.; WELLS, C.E.; FORDHAM, J.R. Germinated seeds humans for consumption. **Journal of Food Science**, Chicago, v.40, n.6, p.1290-1294, Nov./Dec., 1975.
- CIABOTTI, S. **Aspectos químico, físico-químico e sensorial de extratos de soja e tofus obtidos dos cultivares de soja convencional e livre de lipoxigenase**. 2004. 122p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- CLARK, J.P. Texturization by extrusion. **Journal of texture studies**, Westport, v.9, n.1, p.109-123, 1978.
- DEMIATE, I.M.; OETTERER, M.; WOSIACKI, G. A fermentação como processo de enriquecimento nutricional. **Boletim da sbCTA**, Campinas, v.28, n.2, p.170-181, jul./dez., 1994.
- EL-HADY, E.A.; HABIBA, R.A. Effect of soaking and extrusion conditions on antinutrients and protein digestibility of legume seeds. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**, v.36, n.3, p.285-293, 2003.
- EMBRAPA SOJA. **Soja: uso industrial**. Londrina, 2005. Disponível em: <[http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op\\_page=27&cod\\_pai=29](http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=27&cod_pai=29)>. Acesso em: 22 jun. 2005.
- EVANGELISTA, C.M.; REGITANO-D'ARCE, M.A.B. Análise espectrofotométrica da ação das lipoxigenases em grãos de soja macerados em diferentes temperaturas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.17, n.3, p.270-274, 1997.

- FUKUSHIMA, D. Deteriorative changes of proteins during soybean food processing and their use in foods. In: \_\_\_\_\_. **Chemical deterioration of proteins**. Washington: American Chemical Society, 1980. cap.10, p.211-239.
- FUKUTAKE, M.; TAKAHASHI, M.; ISHIDA, K.; KAWAMURA, H.; SUGIMURA, T.; WAKABAYASHI, K. Quantification of genistein and genistin in soybean and soybean products. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v.34, n.5, p.457-461, May 1996.
- GARCÍA, M.C.; MARINA, M.L.; LABORDA, F.; TORRE, M. Chemical characterization of commercial soybean products. **Food Chemistry**, Oxford, v.62, n.3, p.325-331, July 1998.
- GÓES-FAVONI, S.P. de; BELÉIA, A. Del P.; CARRÃO-PANIZZI, M.C.; MANDARINO, J.M.G. Isoflavonas em produtos comerciais de soja 1. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, n.4, p.582-586, 2004.
- GONZÁLEZ, R.J.; TORRES, R.L.; DE GREEF, D.M. Extrusión-cocción de cereales. **Boletim da sbCTA**, Campinas, v.36, n.2, p.104-115, jul./dez., 2002.
- HENLEY, B.C.; KUSTER, J.M. Protein quality evaluation by protein digestibility – corrected amino acid scoring. **Food Technology**, Chicago, v.48, n.4, p.74-78, 1994.
- HESELDTINE, C.W.; WANG, H.L. Fermented soybean food products. In: SMITH, A.K.; CIRCLE, S.J. (Ed.). **Soybeans: chemistry and technology**. 2.ed.rev. Westport: AVI, 1978. v.1, p.470.
- HORAN, F.E. Protein texturization. In: WITAKER, J.R.; TANNENBAUM, S. **Food proteins**. Westport: AVI, 1977. p.484-515.
- IMAMAURA, T.; TOKO, K.; YANAGISAWA, S.; KUME, T. Monitoring of fermentation process of miso (soybean paste) using multichannel taste sensor. **Sensors and Actuators B Chemical**, v.37, p.179-185, 1996.
- JACKSON, C.J.C.; DINI, J.P.; LEVANDIER, C.; RUPASINGHE, H.P.V.; FAULKNER, H.; POYSA, V.; BUZZELL, D.; DEGRANDIS, S. Effects of processing on the content and composition of isoflavones during manufacturing of soy beverage and tofu. **Process Biochemistry**, Oxford, v.37, n.10, p.1117-1123, May 2002.
- KLEIN, B.P.; PERRY, A.K.; ADAIR, N. Incorporating soy protein into backed products for use in clinical studies. **The Journal of Nutrition**, v.125, p.6665-6745, 1995.
- KNIGHT, D.C.; EDEN, J.A. Phytoestrogens: a short review. **Maturitas**, v.22, n.3, p.167-175, Nov. 1995.
- LAMBRECHT, H.S.; NIELSEN, S.S.; LISKA, B.J.; NIELSEN, N.C. Effect of soybean storage on tofu and soymilk production. **Journal of Food Quality**, Trumbull, v.19, n.3, p.189-202, June 1996.
- LIENER, I.E. Nutricional value of protein products. In: SMITH, A.K.; CIRCLE, S.J. **Soybeans: chemistry and technology**. Westport: AVI, 1978. v.1, p.470.
- LIM, B.T.; DEMAN, M.J.; DEMAN, L.; BUZZEL, R.I. Yield and quality of tofu as affected by soybean and soymilk characteristics: calcium sulfate coagulant. **Journal of Food Science**, Chicago, v.55, n.4, p.1088-1092, 1111, July/Aug. 1990.
- LIU, K. **Soybeans: chemistry, technology and utilization**. New York: Chapman & Hall, 1996. 532p.
- LU, J.Y.; CARTER, E.; CHUNG, R.A. Use of calcium salts for soybeans curd preparation. **Journal of Food Science**, Chicago, v.45, n.1, p.32-34, Jan./Feb. 1980.
- LUI, M.C.Y.; AGUIAR, C.L.; ALENCAR, S.M. de; SCAMPARINI, A.R.P.; PARK, Y.K. Isoflavonas em isolados e concentrados protéicos de soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, p.206-212, 2003. Suplemento.
- MACEDO-SILVA, A.; SHIMOKOMAKI, M.; VAZ, A.J.; YAMAMOTO, Y.Y.; TENUTA-FILHO, A. Textured soy protein quantification in commercial hamburger. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.14, n.5, p.469-478, Oct. 2001.
- MAREGA FILHO, M.; DESTRO, D.; MIRANDA, L.A.; SPINOSA, W.A.; CARRÃO-PANIZZI, M.C.; MONTALVÁN, R. Relationships among oil content, protein content and seed size in soybeans. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.41, n.1, p.23-32, Mar. 2001.
- MARTINS, C.A.O.; SEDIYAMA, C.S.; MOREIRA, M.A.; REIS, M.S.; ROCHA, V.S.; OLIVEIRA, M.G. de A. Efeito da eliminação genética das lipoxigenases das sementes sobre as características agrônômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.10, p.1389-1398, out. 2002.
- MESSINA, M.J.; PERSKY, V.; SETCHELL, K.D.R.; BARNES, S. Soy intake and cancer risk, a review in vitro and in vitro data. **Nutrition and Cancer**, v.21, n.2, p.113-131, 1994.
- MONTEIRO, M.R.P.; COSTA, N.M.B.; OLIVEIRA, M.G. de A.; PIRES, C.V.; MOREIRA, M.A. Qualidade protéica de linhagens de soja com ausência do inibidor de tripsina Kunitz e das isoenzimas lipoxigenases. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.17, n.2, p.195-205, abr./jun. 2004.
- MOON, G.; LEE, M.; LEE, Y.; TRAKOONTI-VAKORN. Main component of soy sauce representing antioxidative activity. **International Congress Series**, Amsterdam, v.1245, p.509-510, 2002.
- MOREIRA, A.M. Programa de melhoramento genético da qualidade de óleo e proteína da soja desenvolvido na UFV. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1999, Londrina. **Anais...** Embrapa Soja, 1999. p.99-104. (Embrapa Soja. Documentos, 124).
- MUJOO, R.; TRINH, D.T.; PERRY, K.W. Characterization of storage proteins in different soybean varieties and their relationship to tofu yield and texture. **Food Chemistry**, Oxford, v.82, n.2, p.265-273, Aug. 2003.
- MULLIN, W.J.; FREGEAU-REID, J.A.; BUTLER, M.; POYSA, V.; WOODROW, L.; JESSOP, D.B.; RAYMOND, D. An interlaboratory test of a procedure to assess soybean quality for soymilk and tofu production. **Food Research International**, Amsterdam, v.34, n.8, p.669-677, Aug. 2001.
- NELSON, A.I.; STEINBERG, M.P.; WEI, S.L. Illinois process for preparation of soymilk. **Journal of Food Science**, Chicago, v.41, n.1, p.57-61, Jan./Feb. 1976.
- ONDA, T.; YANAGIBA, F.; TSUJI, M.; SHINOHARA, T.; YOKOTSUKA, K. Production and purification of a bacteriocin peptide produced by *Lactococcus* sp. Strain GM005, isolated from miso-paste. **International Journal of Food Microbiology**, v.87, p.153-159, 2003.

POYSA, V.; WOODROW, L. Stability of soybean seed composition and its effect on soymilk and tofu yield and quality. **Food Research International**, Amsterdam, v.35, n.4, p.337-345, Mar. 2002.

RACKIS, J.J.; SESSA, D.J.; HONIG, D.H. Flavor problems of vegetable food proteins. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, San Diego, v.56, n.3, p.262-271, Mar. 1979.

SGARBIERI, V.C. **Proteínas em alimentos protéicos**: propriedades, degradações, modificações. São Paulo: Livraria Varela, 1996. 517p.

SILVEIRA, I.L. da; FLÁVIO, E.F.; OLIVEIRA, S.A.M. **Soja**: o alimento e a nutrição. Viçosa, MG: UFV, 1989. 58p.

SMITH, A.K.; CIRCLE, S.J. (Ed.). **Soybeans**: chemistry and technology. 2.ed.rev. Westport: AVI, 1978. v.1, p.470.

SOLAE COMPANY. **Fundamentos da soja**. [2005]. Disponível em: <<http://www.solae.com.br/soyessentials/soyessentials.html>>. Acesso em: 24 jun. 2005.

STANLEY, D.W. Protein reactions during extrusion processing. In: MERCIER, C.; LINKO, P.;

HARPER, J.M. (Ed.). **Extrusion cooking**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1989. p.321-341.

TANAKA, F.; MORITA, K.; MALLIKARJUNAN, P.; HUNG, Y.C.; EZEIKE, G.O. I. Analysis of dielectric properties of soy sauce. **Journal of Food Engineering**, v.71, n.1, p.92-97, Nov. 2005.

TANGO, J.S. Farinhas de soja integral. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, n.29, p.21-45, mar. 1972.

TAVARES, S.G.; KIYAN, C. Avaliação da qualidade nutricional da proteína da farinha de tempeh, produto fermentado, obtido a partir da soja. **Alimentos e Nutrição**, São Paulo, v.13, p.23-33, 2002.

TONIOLO, L.; MOSCA, G. **O cultivo da soja**. Lisboa: Presença, 1991. 95p. (Manual de Agropecuária, 13).

TORRES-PENARANDA, A.V.; REITMEIER, C.A. Sensory descriptive analysis of soymilk. **Journal of Food Science**, Chicago, v.66, n.2, p.352-356, Mar./Apr. 2001.

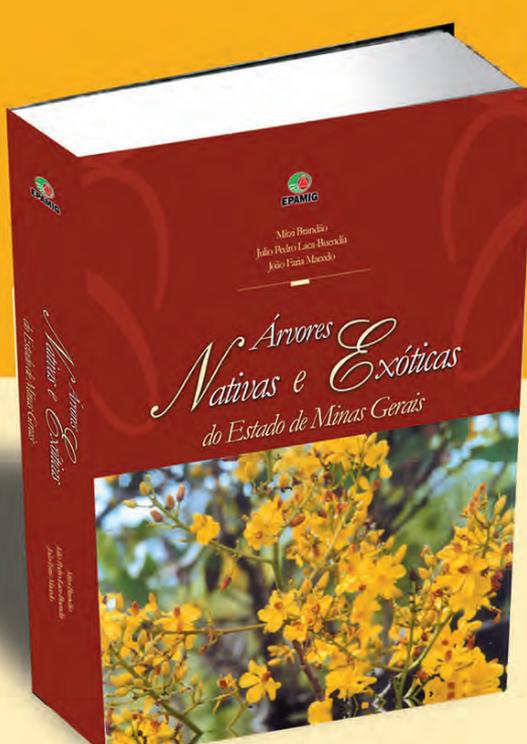
\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; WILSON, L.A.; FEHR, W.R.; NARVEL, J.M. Sensory characteristics of soymilk and tofu made from lipoxygenase-free and normal soybeans. **Journal of Food Science**, Chicago, v.63, n.6, p.1084-1087, Nov./Dec. 1998.

WANG, H.L. Tofu and tempeh as potential protein sources in the western diet. **Journal of the Association Oil Chemists' Society**, Champaign, v.61, n.3, p.528-534, Mar. 1984.

WASHBURN, S.A.; BURKE, G.L.; MORGAN, T.M. A dietary supplement as postmenopausal hormone replacement therapy. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PHYTOESTROGENS, 3., 1995, Little Rock, AR. **Abstract...** [Rockville, MD]: Food and Drug Administration – National Center for Toxicological Research, [1995].

WOLF, W.J. Purification and properties of the proteins. In: SMITH, A.K.; CIRCLE, S.J. (Ed.). **Soybeans**: chemistry and technology. 2.ed.rev. Westport: AVI, 1978. v.1, p.470.

\_\_\_\_\_; COWAN, J.C. **Soybean as a food source**. Cleveland: CRC Press, 1979.



**Árvores Nativas e Exóticas**  
*do Estado de Minas Gerais*

# Árvores Nativas e Exóticas

Um livro para os amantes da natureza!

**São mais de 500 espécies, com descrição botânica e principais utilizações.**

**Um rico acervo de informações para profissionais de Ciências Agrárias e instituições públicas e privadas.**



**Informações:**  
**EPAMIG/Setor de Publicação**  
**Telefax: (31) 3488-6688**  
**e-mail: publicacao@epamig.br**



**EPAMIG**

# Edamame ou soja-hortaliça: fácil de consumir e muito saudável

Mercedes Concórdia Carrão-Panizzi<sup>1</sup>

Resumo - Vagens de soja colhidas com os grãos totalmente desenvolvidos, mas ainda verdes (estádio R6), são conhecidas como soja-verde, soja-hortaliça ou tipo vegetal. Nesse estágio ela apresenta sabor mais suave, vitaminas, minerais, isoflavonas e proteínas. Os grãos verdes debulhados e cozidos da soja-hortaliça podem ser utilizados em saladas e em diferentes pratos. *Edamame* é um petisco muito popular no Japão, que consiste na utilização de vagens verdes cozidas e salgadas para acompanhar cerveja ou chope. O consumo dos grãos verdes como tira-gosto é saudável, principalmente, quando fritos. No Programa de Melhoramento Genético da Embrapa Soja, há uma linha de pesquisa para desenvolver cultivares de soja específicas para esse produto, cujas características incluem grãos grandes, sabor suave e pubescência intermediária para esparsa. Técnicas especiais de manejo (cultivo e colheita) favorecem o desenvolvimento de melhor sabor. Grãos maduros de cultivares de soja-hortaliça ou tipo vegetal também são matérias-primas de boa qualidade para o processamento de outros alimentos à base de soja, tais como farinhas, *tofu* e extrato solúvel. A cultivar BRS 267 apresenta características promissoras para o consumo como hortaliça quando no estágio R6, como também para outros produtos de soja, quando colhida madura em R8.

Palavras-chave: *Glycine max*. Manejo de cultura. Genótipos especiais. Sacarose. Soja-verde. Palatabilidade.

## INTRODUÇÃO

*Edamame* é a denominação japonesa para o alimento produzido a partir de soja-verde ou soja-hortaliça, que também é conhecida como soja tipo vegetal. Essa soja apresenta grãos de tamanho grande (peso de 100 sementes imaturas maior que 30 g) e sabor mais adocicado. É consumida imatura, no estágio R6 (FERH et al., 1971), quando os grãos estão totalmente desenvolvidos, mas ainda verdes (Fig. 1). Na maioria dos países do leste da Ásia, a soja tipo vegetal é vendida com as vagens presas nos galhos amarrados em maço (tipo brócolis), com

as vagens soltas, ou com os grãos debulhados. Estes dois últimos tipos de produto são embalados em sacos plásticos (MENDONÇA; CARRÃO-PANIZZI, 2003). A oferta nessas embalagens caracteriza a

soja como uma hortaliça. No Japão, o produto apresentado com as vagens nos galhos é muito popular. A aparência e o sabor também se mantêm por mais tempo quando as vagens estão presas nos galhos. Na China e na Coréia, é comum a apresentação do produto com os grãos debulhados. No Japão, na metade do período Edo, os tipos vegetais de soja começaram ser consumidos como petiscos ou tira-gosto, acompanhando bebidas alcoólicas. Esse petisco popular, conhecido como *edamame*, consiste no consumo dos grãos que foram simplesmente cozidos nas vagens verdes, em



Figura 1 - Grãos de soja-verde ou soja-hortaliça, em estágio R6, da cultivar BRS 267, Embrapa Soja - Londrina, 2005

<sup>1</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, D.Sc., Pesq. Embrapa Soja, Caixa Postal 231, CEP 86001-970 Londrina-PR. Correio eletrônico: mercedes@cnpso.embrapa.br

água e sal. No Japão atual, o *edamame* faz parte do hábito alimentar, e a demanda por produto de alta qualidade é crescente. O consumo dos grãos de soja-verde, acompanhando cervejas e chope, é uma combinação saborosa e saudável.

No Brasil, país de clima tropical e onde o hábito de tomar um chope também é popular, o *edamame*, como acompanhamento, pode ter uma boa aceitabilidade e se constituir num hábito alimentar saudável. Esse petisco é rico em proteínas (13%), contém reduzido teor de óleo (5,7%), não tem colesterol e gordura hidrogenada e apresenta teores razoáveis de minerais, fósforo (158 mg/100 g), cálcio (78 mg/100 g), e vitaminas B<sub>1</sub> (0,4 mg/100 g) e B<sub>2</sub> (0,17 mg/100 g) (SHANMUGASUNDARAM; YAN, 2004). Nesse estágio, a soja também contém vitamina C e pró-vitamina A, compostos que se reduzem com o amadurecimento dos grãos (BATES; MATTHEWS, 1975).

O Japão, a China, a Coreia e o Taiwan são os principais países produtores e consumidores de soja tipo vegetal. O Japão consome cerca de 140 mil toneladas, das quais 50% são importadas de outros países, em ordem decrescente de significância, China, Taiwan, Tailândia, Indonésia e Vietnã. Outros países como os Estados Unidos, o Canadá, a Austrália e alguns países da Europa estão importando soja tipo vegetal, em face da crescente demanda e aceitabilidade do *edamame*. Programas de melhoramento para desenvolvimento de cultivares mais adequadas a esse tipo de consumo estão sendo conduzidos em diferentes países. No Brasil, a Embrapa Soja tem uma linha de pesquisa específica com esse objetivo, no seu Programa de Melhoramento Genético da Soja. Outras instituições, como a Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (USP-Esalq), Universidade Estadual de Londrina (UEL) e alguns grupos privados, também desenvolvem programas de melhoramento para obtenção de cultivares adaptadas para este tipo de produto.

### **CARACTERES CONSIDERADOS NAS AVALIAÇÕES DE GENÓTIPOS DE SOJA PARA USO COMO HORTALIÇA**

A soja para consumo como hortaliza ou como *edamame* é diferente da soja tipo grão. Soja tipo vegetal, hortaliza ou soja-verde, nomenclaturas diferentes para o mesmo tipo de produto, que também se confunde com *edamame*, apresenta algumas características especiais. Os principais critérios de qualidade em termos de palatabilidade são: aparência, gosto, sabor e textura. Tradicionalmente, no Japão, os agricultores selecionam cultivares de soja locais que apresentam especialidades para essas características que as diferenciam das sojas tipo grão. As características da soja para o *edamame* são as mesmas para a soja-hortaliza, sendo qualidades relativas a grãos de soja-verde (imatura), no estágio R6.

Morfologicamente, a soja para *edamame* ou soja-hortaliza deve apresentar vagens perfeitas, completamente verdes, com pubescência cinza (WATANABE apud KONOVSKY et al., 1994), esparsa e fina (SUNADA apud KONOVSKY et al., 1994). *Edamame* de alta qualidade deve ter 90% das vagens com duas a três sementes, livres de danos de doenças e insetos. Vagens no estágio R6 devem apresentar cerca de 5,0 cm de comprimento e sementes de tamanho grande, preferencialmente maior que 30 g por 100 sementes, e 500 g de vagens devem conter menos de 175 vagens (SANMUGASUNDARAM apud KONOVSKY et al., 1994). A característica de tamanho grande para as sementes facilita o cozimento e o consumo dos grãos. As sementes, quando maduras, podem apresentar tegumento amarelo, verde, marrom ou preto (KIUCHI apud KONOVSKY et al., 1994). Nas sementes com tegumento amarelo, a coloração do hilo deve ser amarela ou marrom-clara.

A cor das vagens, que é afetada por fatores genéticos e ambientais, é o fator que mais evidencia a qualidade da soja-hortaliza e do *edamame*. Exposição solar, umidade e suplementação de fertilizantes

podem afetar a coloração. A cor verde pode ser intensificada pelo aumento da exposição solar, e uma desfolha das folhas superiores favorece essa qualidade (CHIBA apud KONOVSKY et al., 1994). Um verde mais intenso é obtido pelo aumento do teor de clorofila, que é favorecido com a aplicação basal de fósforo ou suplementação de nitrogênio (KOBAYASHI apud KONOVSKY et al., 1994).

Em soja, vários componentes, tais como açúcares, aminoácidos, ácidos orgânicos, sais inorgânicos, isoflavonas e saponinas estão relacionados com o sabor. Entretanto, para *edamame*, os componentes do sabor mais importantes são a doçura e o *savory*, que inclui sabor, odor e textura (MASUDA apud KONOVSKY et al., 1994). Sacarose, ácido glutâmico e alanina são os principais componentes requeridos para o sabor mais suave em soja tipo vegetal (MASUDA, 1991). O nível de sacarose, na soja tipo vegetal ou hortaliza, a exemplo de milho-doce, melões, laranjas, entre outros, é que caracteriza a qualidade do sabor adocicado. HARTWIG (1973) classificou o sabor da soja tipo vegetal como sendo mais suave que o da soja tipo grão. A ação da enzima lipoxigenase aumenta com a maturação, o que intensifica o sabor de feijão cru na soja madura, principalmente para as sojas tipo grão (TANTEERATARM et al., 1989).

A textura da soja tipo hortaliza é definida pela dureza do grão e pode ser afetada por fatores genéticos, época de colheita e tempo de cozimento (TSOU; HONG, 1991). Entretanto, esses autores observaram que a dureza dos grãos, no estágio R6, não é um fator crítico para qualidade do *edamame*.

As práticas de manejo da cultura da soja, que afetam o sabor do *edamame*, envolvem seleção de cultivares, a aplicação de fertilizantes, a densidade de semeadura e as condições de processamento (MASUDA apud KONOVSKY et al., 1994). Aplicação excessiva de nitrogênio reduz a carga de vagens e aumenta o número de vagens vazias ou com apenas uma semente. Menor densidade de plantas intensifica o verde e

umenta os teores de aminoácidos e sacarose, no período da maturação (CHIBA apud KONOSKY et al., 1994).

A duração e o período do dia em que a colheita ocorre são cruciais para a qualidade do *edamame*. Os teores de açúcar e aminoácidos livres se reduzem rapidamente, logo após a colheita, deteriorando o sabor da soja, principalmente quando as temperaturas são altas (CHIBA, 1991). O teor do aminoácido glutâmico é maior ao entardecer. Para evitar a deterioração do sabor e da qualidade, que já acontece em 3-10 horas após a colheita, condicionar as vagens ou plantas inteiras em plásticos de polietileno, em refrigerador. Nesse caso, a qualidade pode ser mantida por cerca de uma semana (IWATA apud CHIBA, 1991). O congelamento é uma boa prática para aumentar o período de consumo com manutenção da qualidade. Para congelamento, deve-se proceder um branqueamento prévio para impedir a oxidação de ácidos graxos e a formação de sabores indesejados. A deterioração da cor da vagem é acelerada sob condições de baixa umidade, podendo ser prevenida com molhamento das vagens (CHIBA, 1991). Todos esses procedimentos devem ser realizados com rapidez, para minimizar os efeitos negativos na qualidade do *edamame*.

## PRODUÇÃO E MANEJO DA SOJA-HORTALIÇA

Para uso como *edamame*, a soja pode ser cultivada como hortaliças, em casa de vegetação ou no campo, pelo sistema de cultivo da soja comum, convencional ou orgânico. Para maior ramificação e carga de vagens, recomenda-se cortar o topo das plantas, em V3 (GOTOH apud KONOVSKY et al., 1994). Devido ao alto valor do produto, o rendimento não é tão importante. Entretanto, a densidade de semeadura influencia o rendimento. Densidades que permitem maior exposição solar favorecem a ramificação e a produção de vagens.

Entre as doenças que afetam a soja, a ferrugem é hoje um grande problema. Entretanto, como a soja-verde é colhida antes

da maturação, o efeito da doença no rendimento da soja-hortaliça é menor que na soja grão (YEH et al., 1991). Devido à redução de atividade fotossintética, poderá ocorrer uma ligeira diminuição no tamanho dos grãos. Como as vagens da soja-verde ou soja-hortaliça são colhidas antes da maturação, o uso de pesticidas geralmente é mínimo e aplicado somente nos primeiros estádios de crescimento. Para maior segurança, devem ser utilizados apenas pesticidas com curto período residual. Em soja-verde, o uso do controle biológico e de práticas integradas de manejo de pragas é altamente desejável. Limpeza e tratamento de sementes, rotação de culturas e boa drenagem podem auxiliar na redução da ocorrência de doenças e insetos (YEH et al., 1991).

O cultivo de soja-verde pode auxiliar a fertilidade do solo. A colheita em R6 permite o retorno de mais nitrogênio orgânico para o solo melhorando a fertilidade (TSAY et al., 1991). Em R6, há maior concentração de nutrientes na folhagem do que no estágio R8 (época de colheita da soja convencional).

Quando a soja-hortaliça não é colhida no estágio R6, ela pode ser colhida na maturação (R8). Nesse caso, constitui-se em soja grão especial, com sabor mais suave, grãos grandes e hilo amarelo, características desejáveis para o processamento de produtos à base de soja.

## MELHORAMENTO GENÉTICO DE SOJA PARA OBTENÇÃO DE CULTIVARES ESPECIAIS

No Japão e em outros países asiáticos, há muitas cultivares locais destinadas ao uso como *edamame*. Por exemplo, 'Chama-me', das Províncias de Niigata e Yamagata, é reconhecida pelo seu sabor especial. A cultivar Tankuguro, proveniente de Kyoto, é famosa pelas suas sementes pretas de tamanho muito grande. Essas cultivares são consideradas especiarias, para atender demandas de *gourmets* (KITAMURA, 2001). Os Programas de Melhoramento de Soja para obtenção de cultivares especiais consideram, principalmente, os teores de

proteína e ácidos graxos, e a retirada das lipoxigenases e de alguns fatores antinutricionais. Outras substâncias, como a sacarose e aminoácidos livres, interferem no sabor dos grãos dos genótipos para consumo como *edamame* ou hortaliça. MASUDA (1991) mostrou que esses compostos variam com os estádios de crescimento da planta e também são diferentes na soja tipo grão e na soja tipo vegetal ou hortaliça. Nesta, as concentrações de ácido glutâmico, asparagina, sacarose e amido são maiores que na soja tipo grão, e o estágio de maior formação é cerca de 30-35 dias depois da floração (MASUDA, 1991). 'Tanbakuro' e 'Koitozairai', consideradas boas cultivares de soja para *edamame* no Japão, acumulam altas concentrações de amido (17-18 g/100 g de peso seco de grãos) (KITAMURA 2001). Durante o cozimento da soja-hortaliça, o amido é transformado em maltose, que tem 0,4 vezes mais doçura que a sacarose, e gosto residual melhor (MASUDA, 2004). Soja-hortaliça fervida, que contém maltose e sacarose, é mais saborosa que soja sem ou com pouca quantidade de maltose. O padrão de carboidratos da soja tipo vegetal é diferente da soja tipo grão (TSOU; HONG, 1991). As concentrações de amido no grão são de 83,2 mg/g, de peso seco para a soja-hortaliça e de 0,66 mg/g, de peso seco para a soja grão. As concentrações de sacarose também são diferentes, 99,1 mg/g e 62,0 mg/g, respectivamente. A soja-hortaliça também tem teores mais altos de frutose. Masuda (2004) sugere que, enquanto a degradação da sacarose não pode ser evitada, a maltose mantém-se estável, independentemente das condições de armazenamento e, portanto, o aumento do teor de maltose em soja-hortaliça deve ser considerado pelos programas de melhoramento.

Sojas especiais para uso como hortaliça ou *edamame* devem apresentar semente grande, ou seja, peso de 100 sementes maior que 20-25 g. Segundo Johnson (2001), cruzamentos envolvendo parentais com essa característica favorecem a obtenção de um maior número de indivíduos com sementes grandes.

Na Embrapa Soja, linhagens de soja tipo vegetal, introduzidas da Universidade da Flórida, e genótipos japoneses, introduzidos no Banco de Germoplasma, constituem as fontes de germoplasma utilizadas no melhoramento de soja para alimentação humana. A cultivar BRS 267, lançada para cultivo comercial em 2005, pode-se constituir numa matéria-prima adequada para consumo como soja-hortaliça. Quando madura, essa cultivar também constitui boa matéria-prima para a elaboração de *tofu* e extrato solúvel de soja. A composição química dos grãos maduros dessa cultivar (Quadro 1) mostra que ela atende a critérios de qualidade necessários para o preparo de produtos à base de soja.

Quanto às características exigidas para obtenção de extrato de soja e *tofu*, a cultivar BRS 267 se aproxima da cultivar chinesa, utilizada como padrão nas avaliações. O rendimento do extrato solúvel, a absorção de água, a taxa de sólidos e a dureza do gel são razoáveis (Quadro 2). A tonalidade da cor do produto é semelhante a da cultivar chinesa e da cultivar BR-36. Essa cultivar poderá constituir-se numa opção para os cultivos orgânicos que, em geral, utilizam a cultivar BR-36, conside-

rada de boa qualidade por importadores europeus.

Além de apresentar boas características para processamento, a cultivar BRS 267, também apresenta rendimento (2.500 kg/ha) adequado para a produção de soja-hortaliça (Quadro 3). Avaliações de linhagens e genótipos de soja tipo vegetais do Banco de Germoplasma da Embrapa Soja mostraram que os genótipos F83-7977, F85-11346, F83-8207 e BRM95-50570 renderam 270, 284, 345 e 348 vagens verdes por 500 g, respectivamente (Quadro 4). Menor número de vagens verdes por 500 g evidencia maior tamanho de grão, o que implica em maior volume de grão. Conseqüentemente, facilita o consumo de soja como hortaliça, pois maior volume de grão torna menos tediosa a debulha dos grãos.

A cultivar BRS 267 apresentou 27 g por peso de 100 sementes verdes e 392 vagens verdes por 500 g (Quadro 4). Além disso, possui hilo de cor marrom-claro e sabor superior, constituindo em uma opção para produção de soja-hortaliça e para cultivos orgânicos. A recomendação dessa cultivar disponibiliza uma cultivar para uso como hortaliça ou como *edamame*.

Um teste de aceitabilidade massal, realizado em Dia de Campo na Embrapa Soja, mostrou que a soja-verde ou hortaliça é bem-aceita e 90% dos provadores consideraram o sabor do *edamame* como muito bom e bom. A soja-verde, além do *edamame*, pode ser matéria-prima para muitos outros produtos e deve adicionar diversidade à mesa dos brasileiros, quanto à disponibilidade de outros vegetais<sup>2</sup>.

A oferta de soja-verde como hortaliça é um esforço de algumas instituições de pesquisa que desenvolvem Programas de Melhoramento de Soja, que visam à obtenção de cultivares com características adequadas para essa utilização. Na Embrapa Soja, também está em andamento um projeto sobre o desenvolvimento de uma colhedora de soja-verde, que pode viabilizar a disponibilidade do produto. Estudos sobre manejo de cultivo dessas cultivares, a exemplo de hortaliças, bem como programas de *marketing* devem ser conduzidos para que a soja-verde ou hortaliça seja apresentada e aceita no mercado brasileiro. Tendo em vista que a soja é um alimento saudável, o bom sabor da soja-verde e a proposta de consumo direto da soja devem facilitar a aceitabilidade pelo consumidor.

QUADRO 1 - Composição química de genótipos de soja para utilização em processamento de *tofu*, extrato e farinha de soja, Embrapa Soja - Londrina, 1997

Genótipo	<sup>(1)</sup> Proteína (%)	Óleo (%)	Cinza (%)	Carboidrato (diferença)	Cálcio (mg/100 g)	Isoflavona (mg/100 g)
BRM 92-5297	38,5	20,6	5,2	23,1	177,5	174,4
BRM 95-50570	34,5	21,1	5,0	21,8	203,1	290,0
BRM 95-50565	35,2	20,0	5,1	21,7	169,9	180,6
BRS 267	38,7	16,9	5,4	20,4	198,8	206,8
BR - 36	39,4	21,8	5,3	21,0	222,5	99,2

NOTA: Análises por S. Shimanuki (Taishi Food Inc.), Towada, Aomori, Japão.

(1) Fator de conversão de nitrogênio protéico = 5,71.

<sup>2</sup>Sugestão para preparo de *Edamame* (petisco de soja-verde): 2 xícaras de soja-verde nas vagens, 4 xícaras de água e 1 colher de chá de sal. Ferver a água com o sal, colocar as vagens, baixar o fogo e cozinhar as vagens por 15 a 20 minutos, ou até as vagens começarem a se abrir, escorrer a água, deixar as vagens esfriarem e servi-las em recipientes de estilo japonês. Consumir os grãos, apertando as vagens entre os dentes para liberação dos grãos.

QUADRO 2 - Características de extrato solúvel de soja e da massa do *tofu* processado com diferentes grãos de linhagens de soja

Genótipo	Extrato de soja		Massa de soja					pH	Isoflavona (mg/100 g)
	Absorção de água (%)	Peso do extrato (g)	Dureza do gel (g/cm <sup>2</sup> )	Taxa de sólidos (%)	Tonalidade da cor				
					L	a	b		
Cv. Chinesa	228,5	402,6	55,7	10,9	89,9	-3,9	18,4	6,2	47,7
BR-36	225,8	385,8	94,3	11,7	90,0	-3,2	16,7	6,2	14,2
BRS 267	234,9	394,0	69,2	11,0	89,7	-2,8	16,0	6,3	28,3
BRM95-50565	240,4	399,6	52,5	11,0	89,4	-2,9	16,6	6,3	26,6
BRM95-50570	232,6	387,9	56,9	11,9	89,4	-2,9	16,8	6,3	41,4

NOTA: Análises por S. Shimanuki (Taishi Food Inc.), Towada, Aomori, Japan.

L - Brancura; a - Mais vermelho, menos verde; b - Mais amarelo, menos azul.

QUADRO 3 - Características agrônômicas de genótipos de soja para usos especiais, Embrapa Soja – Londrina, 2001

<sup>(1,2)</sup> Genótipo	Ciclo (dias)	Altura/Maturação (cm)	Dia/Floração	Altura/Floração (cm)	Dia/Estádio R6	Cor da flor	Cor da vagem	Rendimento (kg/ha)
IAS-5	113	64,5 bc	48	55,1 c	85	B	MC	2.297,7 ab
BRS-155	113	70,3 abc	48	60,1 c	85	B	MC	2.197,8 ab
BRS-183	113	65,9 bc	48	69,2 bc	90	B	MC	2.331,0 ab
BRM95-50570	113	83,0 ab	50	88,9 a	90	R	MC	2.053,5 ab
BRS 267	132	88,5 a	50	87,9 ab	90	B	ME	2.575,2 a
F82-5812	132	58,9 c	50	64,3 c	90	B	MC	2.186,7 ab
F83-8207	132	62,8 bc	50	64,0 c	90	B	MC	2.342,1 ab
F83-7977	139	58,6 c	50	63,9 c	90	B	MC	2.342,1 ab
F83-7864	123	57,9 c	50	59,5 c	90	B	ME	2.686,2 a
F85-11346	123	57,9 c	55	57,7 c	90	R	MC	1.487,4 b
F83-8000	132	55,8 c	50	55,4 c	90	R	ME	2.630,7 a

NOTA: B - Branca; R - Roxa; MC - Marrom-claro; ME - Marrom-escuro.

(1) Médias seguidas pela mesma letra não apresentaram diferença significativa pelo teste Tuckey (P < 0,05). (2) Todos os valores são de três repetições.

QUADRO 4 - Características de grãos e vagens de genótipos de soja para uso como hortaliça

(continuação)

<sup>(1,2)</sup> Genótipo	Peso de 100 sementes maduras (g)	Número de vagem verde/500g	Peso de 100 sementes verdes (g)	Cor do hilo
IAS-5	15,3 e	495,7 ab	27,0 ab	Marrom-claro
BRS-155	14,3 e	422,3 abc	29,5 ab	Marrom-claro
BRS-183	14,6 e	574,3 a	20,6 b	Marrom-claro
BRM95-50570	18,7 cd	348,0 bc	32,4 ab	Amarelo
BRS 267	21,5 abc	392,0 bc	27,1 ab	Marrom-claro
F82-5812	17,2 de	412,3 abc	24,9 ab	Preto

QUADRO 4 - Características de grãos e vagens de genótipos de soja para uso como hortaliça (conclusão)

(1,2)Genótipo	Peso de 100 sementes maduras (g)	Número de vagem verde/ 500g	Peso de 100 sementes verdes (g)	Cor do hilo
F83-8207	21,9 ab	345,0 bc	43,2 a	Preto
F83-7977	21,7 ab	270,0 c	41,0 a	Marrom-claro
F83-7864	19,4 bcd	461,3 ab	26,2 ab	Preto
F85-11346	24,4 a	284,3 c	40,3 a	Preto
F83-8000	21,1 bc	443,3ab	33,3 ab	Marrom-claro

(1) Médias seguidas pela mesma letra não apresentaram diferença significativa pelo teste Tuckey ( $P < 0,05$ ). (2) Todos os valores são de três repetições.

## REFERÊNCIAS

- BATES, R.P.; MATTHEWS, R.F. Ascorbic acid and  $\alpha$ -carotene in soybeans as influenced by maturity, sprouting, processing and storage. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Lake Buena Vista, v.88, p.266-271, 1975.
- CHIBA, Y. Postharvest processing, marketing and quality degradation of vegetable soybean in Japan. In: SHANMUNGASUNDARAM, S. (Ed.). **Vegetable soybean: research needs for production and quality improvement**. Taipei: AVRDC, 1991. p.108-112. (AVRDC. Publication, 91-346). Proceedings of a workshop held at Kenting, 1991, Taiwan.
- FERH, W.R.; CAVINESS, C.E.; BURMOOD, D.T.; PENNINGTON, J.S. Stage of development descriptions for soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill. **Crop Science**, Madison, v.11, n.6, p.929-931, 1971.
- HARTWIG, E.E. Varietal development. In: CALDWELL, B.E. (Ed.). **Soybeans, improvement, production and uses**. Madison: American Society of Agronomy, 1973, p.187-210. (ASA. Agronomy, 16).
- JOHNSON, S.L. Breeding for seed size and composition of vegetable soybean. In: INTERNATIONAL VEGETABLE SOYBEAN CONFERENCE PAPERS AND PRESENTATIONS, 2., 2001, Tacoma. **Proceedings...** Tacoma, Washington, 2001. ICD-ROM.
- KITAMURA, K. Recent edamame production information and research advances in Japan. In: INTERNATIONAL VEGETABLE SOYBEAN CONFERENCE PAPERS AND PRESENTATIONS, 2., 2001, Tacoma. **Proceedings...** Tacoma, Washington, 2001. ICD-ROM.
- KONOVSKY, J.; LUMPKIN, T.A.; MCCLARY, D. Edamame: the vegetable soybean. In: O'ROURKE, A.D. (Org.). **Understanding the Japanese food and agrimarket: a multifaceted opportunity**. Binghamton: Haworth Press, 1994. p.173-181.
- MASUDA, R. Quality requirement and improvement of vegetable soybean. In: SHANMUNGASUNDARAM, S. (Ed.). **Vegetable soybean: research needs for production and quality improvement**. Taipei: AVRDC, 1991. p.92-102. (AVRDC. Publication, 91-346). Proceedings of a workshop held at Kenting, 1991, Taiwan.
- \_\_\_\_\_. The strategy for sweetness increase of vegetable soybeans: maltose, another sugar in boiled seeds. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7.; INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING AND UTILIZATION CONFERENCE, 4.; BRAZILIAN SOYBEAN CONGRESS, 3., 2004, Foz do Iguaçu. **Proceedings...** Londrina: Embrapa Soja, 2004. p.839-844. (Embrapa Soja. Documentos, 228).
- MENDONÇA, J.L. de; CARRÃO-PANIZZI, M.C. Soja-verde: uma nova opção de consumo. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2003. 8p. (Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico, 20).
- SHANMUNGASUNDARAM, S.; YAN, M.R. Global expansion of high value vegetable soybean. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7.; INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING AND UTILIZATION CONFERENCE, 4.; BRAZILIAN SOYBEAN CONGRESS, 3., 2004, Foz do Iguaçu. **Proceedings...** Londrina: Embrapa Soja, 2004. p.915-920. (Embrapa Soja. Documentos, 228).
- TANTEERATARM, K.; WEI, L.S.; STEINBERG, M.P. Effect of soybean maturity on storage stability and processing quality. **Journal of Food Science**, Chicago, v.54, n.3, p.593-597, 1989.
- TSAY, J.S.; LAI, S.H.; TSAI, C.L. Present and potential cropping systems for vegetable soybean in Taiwan. In: SHANMUNGASUNDARAM, S. (Ed.). **Vegetable soybean: research needs for production and quality improvement**. Taipei: AVRDC, 1991. p.113-119. (AVRDC. Publication, 91-346). Proceedings of a workshop held at Kenting, 1991, Taiwan.
- TSOU, S.C.S.; HONG, T.L. Research on vegetable soybean quality in Taiwan. In: SHANMUNGASUNDARAM, S. (Ed.). **Vegetable soybean: research needs for production and quality improvement**. Taipei: AVRDC, 1991. p.103-107. (AVRDC. Publication, 91-346). Proceedings of a workshop held at Kenting, 1991, Taiwan.
- YEH, C.C.; HARTMAN, G.L.; TALEKAR, N.S. Plant protection technology for vegetable soybean. In: SHANMUNGASUNDARAM, S. (Ed.). **Vegetable soybean: research needs for production and quality improvement**. Taipei: AVRDC, 1991. p.85-91. (AVRDC. Publication, 91-346). Proceedings of a workshop held at Kenting, 1991, Taiwan.

# Soja na alimentação animal

Edilane Aparecida da Silva<sup>1</sup>  
José Reinaldo Mendes Ruas<sup>2</sup>  
Francisco Carlos de Oliveira Silva<sup>3</sup>  
Mauro Wagner de Oliveira<sup>4</sup>  
José Joaquim Ferreira<sup>5</sup>

Resumo - As restrições impostas às fontes protéicas de origem animal na nutrição animal pelo mercado externo e, em menor grau, pelo mercado interno, levou à busca de fontes alternativas para suprir as necessidades protéicas dos animais. O Brasil, nos últimos anos, vem empreendendo grandes esforços para melhorar a produção e competitividade internacional do setor produtivo da soja, isto graças aos avanços científicos e às novas tecnologias geradas pelas instituições de pesquisa, empresas e produtores. A proteína é um dos nutrientes que mais oneram a formulação de rações. A soja tem sido amplamente utilizada como fonte de proteína e energia para alimentação animal. A necessidade de tornar os sistemas de produção animal cada vez mais competitivos tem gerado uma demanda elevada na busca de alimentos alternativos. O uso de subprodutos permite diminuir os custos com alimentação, pois podem substituir parcial ou totalmente um alimento volumoso ou concentrado, sem prejudicar o desempenho animal. Considerando-se a toxicidade dos fatores antinutricionais presentes na soja, deve-se ressaltar que a maior parte destes são inativos ou inibidos, quando utilizados os tratamentos térmicos adequados. Contudo, a viabilidade do uso da soja e/ou subprodutos vai depender da disponibilidade regional e dos preços destes no mercado.

Palavras-chave: *Glycine max*. Ave. Bovino. Suíno. Composição química. Desempenho animal. Fatores antinutricionais. Subproduto.

## INTRODUÇÃO

A alimentação tem representado cerca de 70% do custo total da produção dos animais ruminantes ou monogástricos. Portanto, a busca por ingredientes e/ou processamento que possam diminuir os custos da alimentação tem sido uma constante na produção animal.

Com as restrições impostas pelo mercado internacional sobre o uso de fontes protéicas de origem animal na nutrição animal, a soja integral e os subprodutos derivados do beneficiamento do grão de soja, principalmente o farelo de soja, podem ser considerados como os principais fornecedores de proteína nas rações balanceadas

para os animais. Esses alimentos são recomendados como alternativa na substituição de ingredientes proibidos, podendo alterar o custo de produção, uma vez que a proteína tem sido considerada o nutriente mais caro da dieta.

A soja é um dos poucos vegetais que contém proteína com composição de amino

<sup>1</sup>Zootecnista, D.Sc., Pesq. EPAMIG-CTTP, Caixa Postal 351, CEP38001-70 Uberaba-MG. Correio eletrônico: edilane@epamiguberaba.com.br

<sup>2</sup>Médico Veterinário, D.Sc., Pesq. EPAMIG-CTZM, Vila Gianetti, 46, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: jrmruas@epamig.ufv.br

<sup>3</sup>Zootecnista, D.Sc., Pesq. EPAMIG-CTZM, Vila Gianetti, 46, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: fcosilva@epamig.ufv.br

<sup>4</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.Sc., Prof. UFAL - Centro de Ciências Agrárias, BR 104N, Km 35, CEP 57100-000 Rio Largo-AL. Correio eletrônico: mwagner@ceca.ufal.br

<sup>5</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Ph.D., Pesq. EPAMIG-CTCO, Caixa Postal 295, CEP 35701-910 Prudente de Morais-MG. Correio eletrônico: jucaferreira@epamig.br

ácidos equilibrada. Dentre os subprodutos da soja, o farelo tem sido mais extensivamente utilizado, devido ao seu alto conteúdo protéico, boa aceitação pelos animais e facilidade de obtenção no mercado. Os Quadros 1 e 2 apresentam dados de composição química na base da matéria seca e natural e no Quadro 3 são apresentados dados de composição de micro e macrominerais para a soja e seus subprodutos, dados esses obtidos, em alguns trabalhos de pesquisas realizados no Brasil.

Apesar de ser uma excelente fonte de proteína e energia, a soja e seus derivados apresentam alguns fatores antinutricionais que se não inativados podem interferir no aproveitamento de suas proteínas pelos animais. No entanto, a inativação térmica de inibidores de tripsina e a desnaturação térmica das globulinas da soja aumentam a suscetibilidade às proteólises e melhora a qualidade da proteína para alimentação animal.

Existe um número elevado de trabalhos que avaliaram a utilização da soja e seus subprodutos na alimentação animal, sendo que em vários deles os autores verificaram melhores resultados com inclusão da soja ou dos seus derivados (ARRUDA et al., 2003; BANYS et al., 2001; BOLZAN et al., 2000; BRONDANI et al., 1997; GENTILINI et al., 2004; LEMPP et al., 2000; MENDES et al., 2004; QUADROS et al., 2004; RESTLE et al., 2004; SILVA et al., 2002ab; SANTOS et al., 2004; TRINDADE NETO et al., 2002; VILELA et al., 2003). Além do que, tem sido relatado que algumas empresas vem desenvolvendo variedades de grãos de soja com baixos teores de inibidor de tripsina, podendo ser, neste caso, dispensável submetê-los ao calor para inativação dos princípios antitripsínicos da soja tradicional, principalmente para consumo de animais não ruminantes (SILVA et al., 2002b).

Entretanto, há distinções entre os diferentes tipos de processamento utilizados para a eliminação dos fatores antinutricionais existentes no grão de soja, que podem interferir sobre a qualidade dos produtos acabados.

Assim, o perfeito entendimento dos fatores termooestáveis (saponina, ácido fítico, taninos, fatores antigênicos e alergênicos, oligossacarídeos) e termolábeis (inibidores de proteases e lectinas) contidos na soja, suas propriedades, resistência e ainda os resultados físico-químicos de cada processamento utilizado sobre o valor nutricional do ingrediente, faz-se necessário no momento da escolha do produto ou subproduto adequado à alimentação da espécie ou categoria animal.

### **FATORES ANTINUTRICIONAIS NA SOJA**

A soja contém fatores antinutricionais, ou seja, substâncias tóxicas, estimuladoras ou inibidoras de certas funções metabólicas, que causam respostas adversas de ordem nutricional, biológica e fisiológica em animais. Os fatores antinutricionais têm como função nas plantas a proteção natural contra ataques de fungos, bactérias, insetos e pássaros, provocando, principalmente distúrbios digestivos. Contudo, esses efeitos deletérios também atuam nos animais de produção, particularmente os monogástricos, quando alimentados com esses vegetais. A presença de fatores antinutricionais na soja crua induz a hipertrofia pancreática, devido à produção excessiva de tripsina (rica em cistina) para compensar a que está inativa (SNIZEK JÚNIOR et al., 1999).

A soja contém pelo menos quatro proteínas que inibem a ação da tripsina e quimotripsina. Possui também um componente biogênico que, em caso de uso prolongado, pode levar ao aparecimento do bócio em alguns animais, principalmente naqueles que consomem rações de baixo teor de iodo. Ela também apresenta um estrogênio vegetal, a genisteína, que talvez possa ser o responsável parcial pelas propriedades estimulantes do crescimento observadas em alguns casos (SILVA, 1995). Possui altos níveis de ácido fítico que, além de tornar o fósforo a ele ligado indisponível aos animais, pode induzir a baixa absorção de cálcio, ferro e zinco em algumas espécies (RIBEIRO et al., 1999).

Os fatores antinutricionais mais conhecidos e mais estudados são os inibidores de tripsina e quimotripsina. A tripsina e a quimotripsina desempenham função essencial na digestão das proteínas em animais. Os inibidores de tripsina merecem destaque, pois se ligam à tripsina, enzima secretada pelo pâncreas, impedindo-a de atuar sobre a digestão da proteína. Esse processo estimula o pâncreas a produzir mais tripsina, causando hipertrofia dele e reduzindo o crescimento dos animais (CARRÃO-PANIZZI, 1996).

Os inibidores de proteases ou de tripsina são proteínas de peso molecular em torno de 24 kDa e termolábeis, isto é, são destruídas pela ação do calor. Os principais inibidores de proteases presentes na soja são os inibidores Kunitz e Bownan-Birk (CARRÃO-PANIZZI, 1996). Comercialmente, já existem cultivares de soja com ausência do inibidor Kunitz, porém para maximizar seu valor nutricional, faz-se necessário o processamento térmico (MIURA et al., 2000).

O ponto crítico na avaliação do grão de soja processado ou do subproduto dela tem sido o adequado processamento. O subaquecimento é prejudicial, pois no grão de soja ou no farelo de soja, por exemplo, estarão presentes os fatores antinutricionais não destruídos que vão interferir no processo digestivo dos monogástricos. O tratamento térmico apropriado da soja e de seus subprodutos pode destruir total ou parcialmente a maioria das substâncias antinutricionais, maximizando a utilização dos nutrientes da soja (SILVA; SILVA, 2000). Segundo Soest (1994), o processamento de alimentos pode ser a frio, pelo calor seco ou hidrotérmico, que combina o uso de calor, umidade e pressão para obter melhores resultados.

O processamento hidrotérmico apresenta dois pontos positivos quanto ao aproveitamento da proteína de origem vegetal pelos animais. Além de eliminar fatores antinutricionais termolábeis, provoca a ruptura de sua parede celular, liberando a proteína complexada ou enclausurada, responsável

QUADRO 1 - Composição química da soja e de seus subprodutos na base da matéria seca

Soja e subproduto	MS	PB	MO	FB	FDN	FDA	LIG	MM	EE	CT	CNF	DIVMS	DIVMO	IT (mg/gMS)	ED (mcal/kg)	EB (kcal/kg)	Fonte
Farelo de soja	88,19	49,87	93,02	-	26,57	13,02	-	-	2,69	77,48	50,01	-	-	-	-	-	Silva et al. (2002a)
	97,36	44,92	-	6,11	13,59	13,85	-	3,39	-	-	-	-	-	-	-	-	Quadros et al. (2004)
	88,32	50,31	93,92	-	-	-	-	6,08	-	-	-	77,87	76,02	-	3,45	-	Restle et al. (2004)
	90,16	47,47	92,61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Silva et al. (2002b)
	89,17	44,09	-	4,79	14,47	7,57	-	5,58	2,33	-	-	-	-	-	-	4,029	Rodrigues et al. (2002)
	89,37	43,43	-	5,69	14,85	7,75	-	5,52	1,65	-	-	-	-	-	-	4,069	Rodrigues et al. (2002)
Farelo de soja texturizado	89,66	44,51	-	6,47	14,13	8,56	-	6,05	2,58	-	-	-	-	-	-	-	Rodrigues et al. (2002)
	89,35	46,43	-	4,49	14,45	7,70	-	5,69	2,21	-	-	-	-	-	-	4,116	Rodrigues et al. (2002)
Casca de soja	93,65	49,30	-	0,43	4,03	1,33	-	5,61	0,69	-	-	-	-	-	-	4,280	Rodrigues et al. (2002)
	89,99	11,95	94,75	-	77,24	52,64	2,21	-	2,40	80,40	3,16	-	-	-	-	-	Silva et al. (2002a)
	95,57	10,58	-	39,68	63,96	51,61	-	6,01	-	-	-	-	-	-	-	-	Quadros et al. (2004)
Grãos de soja comercial e desengordurados	89,17	12,19	95,91	-	-	-	-	4,49	-	-	-	63,74	63,28	-	2,87	-	Restle et al. (2004)
	92,50	13,78	94,14	-	64,33	48,60	3,21	5,86	1,83	-	-	76,88	-	-	-	4,080	Silva et al. (2004)
Grãos de soja comercial moídos	90,43	39,47	94,96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,1	-	-	Silva et al. (2002b)
	91,83	48,96	94,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Silva et al. (2002b)
Grãos de soja moídos com baixo teor inibidor tripsina	95,82	39,84	94,72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,6	-	-	Silva et al. (2002b)
	92,78	46,34	93,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Silva et al. (2002b)
Resíduo de soja	92,24	30,85	88,33	-	20,43	16,80	2,85	11,67	9,63	-	-	78,19	-	-	-	4,710	Silva et al. (2004)

NOTA: MS - Matéria seca; PB - Proteína bruta; MO - Matéria orgânica; FB - Fibra bruta; FDN - Fibra em detergente neutro; FDA - Fibra em detergente ácido; LIG - Lignina; MM - Matéria mineral; EE - Extrato etéreo; CT - Carboidratos totais; CNF - Carboidratos não fibrosos; DIVMS - Digestibilidade *in vitro* de matéria seca; DIVMO - Digestibilidade *in vitro* de matéria orgânica; IT - Inibidor de tripsina; ED - Energia digestível; EB - Energia bruta.

QUADRO 2 - Composição química da soja e de seus subprodutos na base da matéria natural

Soja e subproduto	MS	PB	FB	FDN	FDA	MM	EE	ED (Mcal/kg)	EB (Kcal/kg)	Fonte
Farelo de soja	88,64	43,09	7,21	–	–	5,42	1,50	3,58	4.204	Mendes et al. (2004)
	90,47	44,30	4,35	11,12	10,17	5,73	3,92	–	4.222	Zonta et al. (2004)
	90,69	44,24	5,32	12,08	9,52	5,79	2,78	–	4.217	Zonta et al. (2004)
	90,70	44,09	4,88	9,09	7,47	5,67	3,73	–	4.294	Zonta et al. (2004)
	89,77	41,62	5,63	13,38	11,06	5,79	4,91	–	4.074	Zonta et al. (2004)
	89,49	41,76	5,95	13,43	10,39	5,40	5,10	–	4.079	Zonta et al. (2004)
Soja semi-integral extrusada	93,43	42,18	9,10	–	–	4,98	10,80	4,07	4.863	Mendes et al. (2004)
Soja integral expandida	90,91	34,91	6,93	–	–	4,37	15,09	3,80	5.061	Mendes et al. (2004)
	95,21	36,24	5,77	12,80	8,91	4,46	22,30	–	4.854	Zonta et al. (2004)
Soja integral micronizada	96,48	39,98	2,37	–	–	4,75	20,89	5,27	5.533	Mendes et al. (2004)
	93,48	38,53	0,10	15,65	3,95	4,24	23,23	–	5.342	Rodrigues et al. (2002)
	93,99	40,99	1,17	12,73	3,23	4,15	24,64	–	5.411	Zonta et al. (2004)
Soja integral <i>jet sploder</i>	90,18	36,96	4,78	12,21	6,72	4,30	17,05	–	4.904	Rodrigues et al. (2002)
Soja integral tostada	92,35	37,97	6,29	22,09	16,12	4,46	22,06	–	5.199	Rodrigues et al. (2002)
	92,64	35,15	6,20	18,34	9,06	4,84	22,19	–	5.254	Zonta et al. (2004)

NOTA: MS – Matéria seca; PB – Proteína bruta; FB – Fibra bruta; FDN – Fibra em detergente neutro; FDA – Fibra em detergente ácido; MM – Matéria mineral; EE – Extrato etéreo; ED – Energia digestível; EB – Energia bruta.

QUADRO 3 - Composição de macro e microminerais das sojas integrais processadas e do farelo de soja

Soja e subproduto	Com base na matéria natural										Fonte
	%				ppm					ppb	
	Cálcio	Fósforo	Potássio	Magnésio	Cobre	Ferro	Manganês	Zinco	Sódio	Selênio	
Soja extrusada	0,47	0,48	1,76	0,33	18,00	20,00	47,00	61,00	–	–	Café et al. (2000)
Soja tostada	0,39	0,49	1,61	0,26	32,00	24,00	37,00	54,00	–	–	Café et al. (2000)
Soja semi-integral extrusada	0,24	0,51	–	–	–	–	–	–	–	–	Mendes et al. (2004)
Soja integral expandida	0,24	0,40	–	–	–	–	–	–	–	–	Mendes et al. (2004)
Soja integral micronizada	0,17	0,55	–	–	–	–	–	–	–	–	Mendes et al. (2004)
	0,13	0,44	1,65	0,16	13,74	57,77	23,37	41,79	43,75	121	Rodrigues et al. (2002)
Soja integral <i>jet sploder</i>	0,23	0,39	1,57	0,16	15,33	213,37	17,49	36,88	28,59	47	Rodrigues et al. (2002)
Soja integral tostada	0,14	0,42	1,65	0,15	11,17	127,72	24,75	45,07	98,54	66	Rodrigues et al. (2002)
Farelo de soja	0,40	0,49	2,20	0,30	33,00	29,00	41,00	59,00	–	–	Café et al. (2000)
	0,36	0,50	–	–	–	–	–	–	–	–	Mendes et al. (2004)
	0,24	0,54	1,79	0,20	16,85	114,85	16,85	45,83	41,55	72	Rodrigues et al. (2002)
	0,29	0,45	1,79	0,18	12,78	164,62	17,52	47,19	46,38	51	Rodrigues et al. (2002)
	0,45	0,48	1,74	0,26	18,56	142,83	25,02	47,07	48,18	68	Rodrigues et al. (2002)
	0,26	0,50	1,86	0,19	14,92	264,30	22,25	47,80	59,15	47	Rodrigues et al. (2002)
Farelo de soja texturizado	0,25	0,51	1,98	0,20	17,70	154,24	40,64	56,66	56,47	113	Rodrigues et al. (2002)

FONTE: Rodrigues et al. (2002).

pelo baixo aproveitamento protéico. Entretanto, pode provocar reação de Maillard e desnaturação protéica pelo excesso de calor, levando à perda da função biológica (LEHNINGER, 2002).

Quando há excesso de aquecimento, o valor nutricional reduz, possivelmente, devido às ligações cruzadas das cadeias peptídicas pela acilação dos grupos de aminoácidos livres. Essas ligações cruzadas tornam a lisina indisponível, devido à acilação ou às dificuldades de hidrolisar as pontes peptídicas (SNYDER; KNOW, 1987 apud SILVA et al., 2002b). Com isso, o superaquecimento causa redução da digestibilidade dos aminoácidos (MENDES et al., 2004).

Embora em algum aspecto essa desnaturação possa ser desejável, como no caso de inativação de enzimas deletérias, esse fato pode representar um problema do ponto de vista nutricional (MENDES et al., 2004), pois na reação de Maillard ocorre inicialmente a condensação de açúcares com grupos aminos da proteína, seguida da polimerização que a torna indigestível. A primeira fase é interessante, quando se consideram ruminantes, por prevenir a degradação ruminal, porém a segunda tem efeito negativo na disponibilidade da proteína, pois vai ocorrer oxidação do enxofre da cistina e metionina, e reação de Maillard (CAFÉ et al., 2000).

A otimização do processamento depende da temperatura, tempo (duração), umidade e tamanho de partícula do alimento a ser processado. Pieniz et al. (1993), avaliando diferentes tempos de duração de tostagem da soja integral na alimentação de frangos de corte, relataram que o melhor resultado foi obtido com 35 minutos de tostagem a 105°C. Nesta temperatura a soja tostada apresentou atividade ureática normal (0,05% a 0,30%) e índices acima de 80% de solubilidade da proteína em hidróxido de potássio (KOH).

O controle de qualidade da soja integral processada e subprodutos nos fornecem informações sobre a inativação dos fatores antinutricionais, principalmente os inibidores de tripsina e hemaglutininas, assim

como permite verificar se a qualidade da proteína foi mantida. De acordo com Café et al. (2000), existem várias técnicas que podem ser utilizadas para alcançar esses objetivos, destacando-se a atividade ureática, atividade hemaglutinante e a solubilidade da proteína em KOH (Quadro 4).

A atividade ureática da soja é um teste que indica a presença de fatores tóxicos, como os inibidores de tripsina. Os índices de controle de qualidade devem estar entre 0,05 e 0,3 unidade de pH para atividade ureática e de 73% a 85% de solubilidade protéica em KOH (Quadro 4). Baixa solubilidade protéica em KOH indica possível superaquecimento da soja durante o processamento (BERTOL et al., 2001). Valores superiores de atividade ureática indicam que a energia térmica empregada foi insuficiente para desativar os fatores antinutricionais, uma vez que ambos os compostos são sensíveis à mesma faixa de atuação de temperatura. Entretanto, essa recomendação tem sido questionada, uma vez que sojas com nível zero de urease podem apresentar ótima qualidade. Como não existe escala negativa no sistema de urease, os valores obtidos não indicam diferenças nos graus de processamento (CAFÉ et al., 2000).

A solubilidade da proteína avalia o grau de processamento da soja. Valores superiores a 85% de solubilidade protéica indicam também subaquecimento da soja e valores abaixo de 70% indicam superaquecimento (MENDES et al., 2004).

Silva et al. (2002b), avaliando variedades de grão de soja com diferentes teores de inibidor de tripsina em bovinos, constataram que variedades de soja com baixos teores de inibidor de tripsina podem substituir total ou parcialmente o grão de soja convencional e o farelo de soja na alimentação dos animais ruminantes.

Avaliando a composição química e o valor nutritivo da soja crua e soja submetida a diferentes processamentos térmicos para suínos em crescimento, Mendes et al. (2004) observaram que a expansão foi inadequada na soja integral que apresentou os piores

valores de digestibilidade. Os processamentos de extrusão e micronização das sojas semi-integral e integral, respectivamente, foram eficientes na inativação dos fatores antinutricionais e na melhoria de suas digestibilidades, sendo que a micronização mostrou-se superior aos demais processamentos.

Snizek Júnior et al. (1999), utilizando soja integral crua destituída do fator antinutricional Kunitz em níveis crescentes de inclusão nas dietas (0; 5; 10; 15 e 20%), observaram redução linear no peso corporal, na produção de ovos e na conversão alimentar e na unidade Haugh (variável que reflete a qualidade interna do ovo), mas não verificaram diferença na coloração da gema e na qualidade da casca, quando aumentaram os níveis de soja integral na dieta. A provável digestibilidade protéica da soja integral resultou em redução na unidade Haugh, isto porque a clara do ovo é formada basicamente de água e proteína, e a unidade Haugh é avaliada pela altura da clara em relação ao peso do ovo. Ao aumentar o nível de inclusão de soja crua em até 15%, verificou-se redução no peso dos ovos. Assim, esses autores não recomendaram a utilização da soja crua BRS-155 na alimentação de poedeiras semipesadas (Quadro 5).

Miura et al. (2000), utilizando variedade de soja com baixa atividade de inibidores de tripsina em ensaios biológicos com pintos machos da linhagem Hubbard, com sete dias de idade, pesando entre 155,33 e 161,33 g, relataram que a conversão alimentar, ganhos de peso foram dependentes das atividades iniciais de inibidores de tripsina e do processamento térmico e que há vantagens na utilização da soja com baixas atividades de inibidores de tripsina (Quadro 6).

## DERIVADOS DA SOJA

Os subprodutos da soja adequadamente processados têm-se tornado alternativas técnicas e economicamente viáveis em substituição parcial ou total ao farelo de soja, proporcionando melhorias no

QUADRO 4 - Atividade ureática, atividade hemaglutinante, atividade do inibidor de tripsina e solubilidade da proteína das sojas processadas e do farelo de soja

Soja e subproduto	Atividade ureática (pH)	Solubilidade da proteína em KOH (%)	Atividade hemaglutinante	Atividade do inibidor de tripsina	Fonte
Soja extrusada	0,06	83,39	<sup>(1)</sup> 6,41	–	Café et al. (2000)
	0,10	82,81	<sup>(2)</sup> 87	<sup>(3)</sup> 20,16	Sakomura et al. (2004)
Soja tostada	0,44	83,98	<sup>(2)</sup> 16,13	–	Café et al. (2000)
	0,05	81,60	–	<sup>(3)</sup> 52,20	Sakomura et al. (2004)
Soja semi-integral extrusada	0,18	73,00	–	–	Mendes et al. (2004)
Soja integral expandida	0,09	86,21	–	–	Mendes et al. (2004)
Soja integral micronizada	0,18	85,00	–	–	Mendes et al. (2004)
	0,05	<sup>(4)</sup> 87,80	–	–	Rodrigues et al. (2002)
Soja integral <i>jet sploder</i>	0,02	65,38	–	–	Rodrigues et al. (2002)
Farelo de soja	0,08	84,29	<sup>(1)</sup> 6,29	–	Café et al. (2000)
	0,03	80,22	–	–	Mendes et al. (2004)
	0,06	80,40	<sup>(2)</sup> 95	<sup>(3)</sup> 18,26	Sakomura et al. (2004)
	0,01	<sup>(4)</sup> 91,21	–	–	Rodrigues et al. (2002)
	0,04	<sup>(4)</sup> 83,33	–	–	Rodrigues et al. (2002)
	0,05	<sup>(4)</sup> 88,17	–	–	Rodrigues et al. (2002)
	0,05	<sup>(4)</sup> 90,43	–	–	Rodrigues et al. (2002)
Farelo de soja texturizado	0,01	<sup>(4)</sup> 88,57	–	–	Rodrigues et al. (2002)

NOTA: KOH - Hidróxido de potássio.

(1) UH – Unidade hemaglutinante por mg de proteína (UH/mg PB10<sup>-10</sup>). (2) UH – Unidade hemaglutinante por mg de amostra. (3) UTI/mg. (4) A 0,2% das amostras de soja e subprodutos.

QUADRO 5 - Desempenho e qualidade do ovo de poedeiras alimentadas com níveis crescente de soja crua destituída do fator Kunitz

Variáveis	Nível de inclusão de soja crua (%)					Equação
	0	5	10	15	20	
Consumo (g/ave/dia)	125,7	123,7	121,6	119,6	117,6	<sup>(1)</sup> Linear
Peso corporal (g)	1.819	1.793	1.768	1.743	1.718	<sup>(2)</sup> Linear
Produção de ovos (%)	88,4	85,6	82,8	80,0	77,3	<sup>(3)</sup> Linear
Conversão alimentar (kg/dúzia)	1,65	1,77	1,88	2,00	2,12	<sup>(4)</sup> Linear
Leque de Roche	7,95	8,18	7,79	7,99	8,12	n.s.
Unidade Haugh	92,8	92,0	91,2	90,4	89,7	<sup>(5)</sup> Linear
Peso do ovo (g)	64,7	63,9	63,6	63,7	64,3	<sup>(6)</sup> Quadrática
Gravidade específica	1,091	1,091	1,091	1,091	1,091	n.s.
Espessura da casca (mm)	29,61	30,12	29,61	30,02	29,61	n.s.

FONTE: Snizek Júnior et al. (1999).

NOTA: n.s. – Não significativo.

(1)  $y = 125,74 - 0,4066x$ ,  $r^2 = 74$ , ( $P < 0,023$ ). (2)  $y = 1819,06 - 5,036x$ ,  $r^2 = 0,83$ , ( $P < 0,001$ ). (3)  $y = 88,41 - 0,55x$ ,  $r^2 = 0,90$ , ( $P < 0,00005$ ).

(4)  $y = 1,65 - 0,0233x$ ,  $r^2 = 0,63$ , ( $P < 0,01$ ). (5)  $y = 92,77 - 0,154x$ ,  $r^2 = 0,93$ , ( $P < 0,01$ ). (6)  $y = 64,74 - 0,19x + 0,0088x^2$ ,  $r^2 = 0,74$ , ( $P < 0,01$ ).

QUADRO 6 - Valores médios de conversão alimentar, ganho de peso e consumo de ração dos diferentes tratamentos

Tratamento	Conversão alimentar	Ganho de peso	Consumo de ração
Farelo de soja padrão	2,69 d	95,00 a	25,53 a
BR-36 crua	4,59 a	39,33 d	18,10 c
<sup>(1)</sup> BR-36 40% IT	3,62 b	55,33 c	20,10 c
BR-36 20% IT	2,79 d	85,00 ab	23,70 ab
BRM95-5262 crua	3,29 c	72,67 b	23,83 ab
BRM95-5262 30% IT	3,00 cd	76,00 b	22,80 b
BRM95-5262 20% IT	2,70 d	93,33 a	25,23 a
C.V. (%)	3,50	6,66	3,62

FONTE: Miura et al. (2000).

NOTA: Médias na coluna, seguidas de letras diferentes são significativas ( $P < 0,05$ ) pelo teste Tukey.

C.V. – Coeficiente de variação; IT – Inibidor de tripsina.

(1) Porcentagem residual relativa de inibidores de tripsina do respectivo tratamento.

desempenho e redução na incidência de diarreia dos animais.

A extrusão dos subprodutos da soja melhora a digestibilidade do nitrogênio, reduz a concentração dos inibidores da tripsina e diminui as propriedades antigênicas desses subprodutos, resultando em melhor digestibilidade e redução do potencial para resposta imune às proteínas da soja (FRIESEN et al., 1993).

### Farelo de soja

A industrialização da soja, para a obtenção do óleo, resulta num subproduto conhecido como farelo de soja. O farelo de soja tem sido a fonte de proteína básica usada no preparo de rações, principalmente para aves e suínos.

Apresenta um teor de proteína que varia de 40% a 48%, com aminoácidos bem balanceados. É uma boa fonte de lisina e o tratamento por calor, usado para inibir ou inativar fatores tóxicos, também melhora a disponibilidade da metionina, seu aminoácido mais limitante. Segundo Silva (1995), o farelo de soja contém baixos teores de cálcio (0,2% a 0,3%) e de sódio (0,3% a 0,4%).

O farelo de soja tem sido considerado como boa fonte de potássio e de elementos

traços. Entretanto, é deficiente em vitaminas lipossolúveis, porém, com exceção da vitamina B<sub>12</sub>, é uma boa fonte de vitaminas do complexo B.

É a principal fonte de proteína utilizada nas rações de suínos, mas pode apresentar efeitos negativos quando utilizada na alimentação de leitões em idade precoce, tais como alterações na mucosa intestinal que interferem no aproveitamento do alimento e, por conseqüência, na taxa de crescimento desses animais após o desmame (BERTOL et al., 2001). No entanto, Trindade Neto et al. (2002) relataram que o farelo de soja apresentou menor ação deletéria no sistema e no processo digestivo de leitões, durante os primeiros 21 dias após o desmame. Afirmaram ainda que, das fontes protéicas provenientes da soja, o farelo é o mais indicado na alimentação de leitões nas fases de creche, pois apresenta efeitos benéficos sobre o desempenho de leitões em relação à soja integral obtida com extrusão seca e úmida. Nesse mesmo experimento realizado por esses autores, os leitões com 43 a 56 dias de idade, alimentados com farelo de soja, apresentaram maior ganho de peso e consumo de ração, em relação aos que foram alimentados com dieta contendo soja micronizada.

O farelo de soja apresenta cerca de dois terços de seu fósforo na forma complexada, principalmente como molécula de ácido fítico, uma vez que é a principal forma de armazenamento de fósforo, correspondendo de 60% a 90% do fósforo total. A soja e seus derivados contêm de 1% a 1,5% de ácido fítico. A molécula de fitato é um composto orgânico de ocorrência natural que, além de reter o fósforo, diminui a disponibilidade dos minerais (cálcio, zinco, manganês, magnésio e fósforo). De acordo com Costa et al. (2004), para poedeiras o nível de inclusão de fitase de apenas 0,02%, com 0,235% de fósforo disponível é suficiente para melhorar a conversão alimentar por massa de ovos (Quadro 7).

A partir do desengorduramento do farelo de soja é possível produzir vários subprodutos que podem ser utilizados na alimentação animal, tais como concentrados, isolados e texturizados protéicos.

### Proteína texturizada de soja

Produto com estrutura laminar peculiar obtido quando a farinha de soja desengordurada é submetida a altos níveis de pressão e temperatura em uma extrusora, o que propicia inativação dos princípios alergênicos. A proteína texturizada de soja, após a hidratação, apresenta uma textura elástica e mastigável, tipo carne, tendo um valor protéico mais alto quando obtido pela extrusão do concentrado protéico com 50%-70% de proteína bruta (BERK 1992 apud BANYS et al., 2001).

A proteína vegetal pode substituir parte da proteína láctea para animais jovens, com maiores níveis de substituição, sendo tolerados por animais mais velhos. A proteína texturizada de soja constitui uma boa fonte de proteína para bezerros, pois promove bom desempenho desses animais com relação a ganho de peso, consumo de nutrientes e conversão alimentar, desde que se faça um período de adaptação em substituição da dieta líquida de sete dias para o aleitamento com o sucedâneo com base na proteína texturizada de soja (BANYS et al.,

QUADRO 7 - Consumo de ração, produção de ovos, peso, massa e conversão alimentar por massa de ovos em função dos níveis de fósforo disponível e de fitase das rações

Nível	Variáveis estudadas				
	Consumo de ração (g)	Produção de ovos (%)	Peso (g)	Massa (g)	Conversão alimentar por massa de ovos (kg/kg)
Fósforo disponível (%)					
0,235	109,33	86,00	66,50	57,27	2,05
0,305	111,67	87,21	66,92	58,35	2,05
0,375	112,33	86,15	67,58	58,12	2,11
Fitase (%)					
0,00	111,33	85,37	67,78	57,86	2,10
0,01	111,67	86,71	67,08	58,13	2,09
0,02	110,33	87,28	66,14	57,74	2,02
Fósforo disponível (Pd)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fitase (Fi)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	L
Pd * Fi	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V. (%)	5,20	4,23	3,37	5,18	5,12

FONTE: Costa et al. (2004).

NOTA: n.s. – Não significativo pelo teste F ( $P > 0,05$ ); L – Efeito linear ( $P < 0,05$ ).

2001). De acordo com esses autores houve baixa incidência de mortalidade e morbidade, sendo que, nenhuma alteração fisiológica foi verificada nos animais (Quadro 8).

Bertol et al. (2001), avaliando a substituição de 50% do farelo de soja, por soja

integral extrusada, proteína texturizada de soja e proteína concentrada de soja na dieta de leitões desmamados com 21 dias de idade, encontraram que a substituição do farelo de soja proporcionou melhor desempenho, com ganhos adicionais de 1 a 2 kg a mais por leitão no final da fase de creche.

A soja integral extrusada, a proteína texturizada de soja e a proteína concentrada de soja não apresentaram diferença entre si como substitutos parciais do farelo de soja na dieta de desmame de leitões desmamados com 21 dias de idade (Quadro 9). Esses autores observaram que não houve

QUADRO 8 - Valores médios de peso inicial, peso aos 28 dias, variação média de peso e peso final, em kg, conversão alimentar e consumo médios de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) dos animais adaptados por sete (SU7) e dois dias (SU2) e respectivos coeficientes de variação (C.V.)

Tratamento	Peso inicial	Peso aos 28 dias	Variação média de peso	Peso final	Conversão alimentar	Consumo da dieta (kg)					
						Líquida		Sólida		Total	
						MS	PB	MS	PB	MS	PB
SU7	43,17	47,37 a	0,39 a	56,83 a	2,16 a	0,379	0,104	0,434	0,135	0,813	0,238
SU2	39,30	38,60 b	0,20 b	46,40 b	3,62 b	0,374	0,102	0,275	0,091	0,648	0,194
Erro padrão	2,30	2,91	0,01	2,73	0,42	0,06	0,101	0,037	0,016	0,042	0,017
C.V. (%)	9,67	2,80	5,77	1,16	17,08	2,59	2,62	18,37	25,13	9,98	13,88

FONTE: Dados básicos: Banys et al. (2001).

NOTA: Médias com letras diferentes nas colunas diferem estatisticamente entre si ( $P < 0,05$ ).

QUADRO 9 - Ganho de peso diário, consumo de ração diário, conversão alimentar, ganho de peso diário ajustado por covariância pelo consumo de ração diário, peso médio aos 14 e 35 dias dos leitões alimentados com farelo de soja (FS), soja integral extrusada (SIE), proteína texturizada de soja (PTS) e proteína concentrada de soja (PCS)

Parâmetro	Tratamento				C.V. (%)	Teste F
	FS	FS + SIE	FS + PTS	FS + PCS		
0-14 dias após o desmame						
Peso médio inicial (kg)	8,08	7,99	8,06	8,07	5,56	–
Ganho de peso diário (g)	163 a	211 b	217 b	220 b	20,52	P < 0,07
Consumo de ração diário (g)	314 c	341 bc	387 a	358 ab	14,02	P < 0,07
Conversão alimentar	2,07 a	1,63 b	1,79 b	1,68 b	12,68	P < 0,009
Ganho de peso diário ajustado por covariância pelo consumo de ração diário (g)	191 b	217 a	187 b	213 a	8,21	P < 0,008
Peso médio aos 14 dias (kg)	10,42 b	11,09 a	11,18 a	11,23 a	5,47	P < 0,08
15-35 dias após o desmame						
Ganho de peso diário (g)	519 b	542 ab	536 b	579 a	7,96	P < 0,10
Consumo de ração diário (g)	922 c	992 ab	979 bc	1045 a	6,81	P < 0,01
Conversão alimentar	1,79 b	1,87 a	1,85 ab	1,85 ab	4,88	P < 0,07
Ganho de peso diário ajustado por covariância pelo consumo de ração diário (g)	552	534	539	544	5,16	P < 0,72
0- 35 dias após o desmame						
Ganho de peso diário (g)	377 b	410 a	408 a	435 a	8,80	P < 0,05
Consumo de ração diário (g)	681 b	733 a	743 a	770 a	7,58	P < 0,03
Conversão alimentar	1,81	1,81	1,83	1,81	3,55	P < 0,85
Ganho de peso diário ajustado por covariância pelo consumo de ração diário (g)	407	406	401	410	4,23	P < 0,83
Peso médio aos 35 dias (kg)	21,27 b	22,28 ab	22,47 a	23,30 a	5,75	P < 0,07

FONTE: Bertol et al. (2001).

NOTA: Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem (P < 0,10) pelo teste t.

C.V. – Coeficiente de variação.

efeito das dietas sobre a ocorrência de diarreias e sobre a morfologia da mucosa intestinal.

O nível máximo de substituição da proteína do leite vai depender do tipo de proteína da soja utilizada, da idade dos animais, do tipo de processamento utilizado e principalmente do custo do ingrediente (SILVA, 1995).

### Soja integral

A soja integral pode ser utilizada como um alimento de alta qualidade, devido ao elevado nível energético e concentração de proteínas de alta qualidade, porém não

pode ser utilizada na alimentação de animais monogástricos sem adequado processamento, por possuir elevado número de fatores antinutricionais. A necessidade do tratamento térmico da soja integral para sua utilização na alimentação de animais monogástricos fez com que fossem desenvolvidos vários tipos de processamento, visando à inativação dos fatores antinutricionais (CAFÉ et al., 2000). Jorge Neto (1992 apud CAFÉ et al., 2000) descreve sete métodos de processamento da soja: tostagem por tambor rotativo, por vapor úmido, por vapor seco e por *jet sploder*, micronização, microondas e extrusão úmida e seca.

O processo de extrusão promove liberação da gordura intracelular, tornando-a mais disponível e facilitando a digestão e absorção das gorduras. Durante o processo de extrusão, a forma física do amido nos materiais crus muda sensivelmente, desaparecendo sua estrutura granular e cristalina e, tornando-se total ou parcialmente gelatinizado (BATAGLIA, 1990 apud CAFÉ et al., 2000). Tendo em vista, que o amido gelatinizado é mais digestível do que o amido cru, a extrusão também promove melhor aproveitamento da energia do amido. Por outro lado, no processo de tostagem a vapor não ocorre ruptura das membranas celu-

lares e, conseqüentemente, o óleo permanece intracelular, dificultando seu aproveitamento pelas aves (CAFÉ et al., 2000).

Dentre os tipos de processamento térmicos utilizados para viabilizar a utilização da soja crua integral na alimentação animal, pode-se citar (MENDES et al., 2004):

- a) soja integral expandida: soja integral expandida a temperaturas entre 120°C e 136°C e umidade entre 10,1% e 10,5% por 30-60 segundos;
- b) soja semi-integral extrusada: obtida a 150°C por aproximadamente 60 segundos, apresenta teor lipídico reduzido devido à extração de óleo, diminuindo seu teor energético;
- c) soja integral micronizada: obtida quando a soja integral é exposta ao vapor indireto e à radiação infravermelha, sob temperatura de 150°C a 180°C, por 2-3 minutos, seguido de floculação. Apresenta digestibilidade maior que a soja integral expandida, soja integral micronizada e soja semi-integral, farelo de soja por ter menor teor de fibra bruta e devido à eficiência da micronização que torna seus nutrientes mais acessíveis à digestão enzimática.

Contudo, esses processos têm alto custo e podem reduzir a digestibilidade dos nutrientes da soja. A utilização da soja integral tostada pode suprir a necessidade de proteína não degradável no rúmen (PNDR) e melhorar o desempenho animal (TICE et al., 1994).

Comparando a soja integral tostada e a soja crua, TICE et al. (1993) observaram que o desaparecimento dos compostos nitrogenados no intestino foi maior, em porcentagem do fluxo duodenal, em vacas que receberam soja integral tostada. Verificaram também que a tostagem da soja integral resultou na diminuição do teor de nitrogênio amoniacal no rúmen, no aumento do teor de PNDR e no aumento da produção de leite. Constataram ainda que a tostagem da soja integral aumentou a digestibilidade dos ácidos graxos voláteis (AGVs) no trato intes-

tinal e aumentou o teor de AGVs polissaturados da gordura do leite, em relação aos animais que recebiam soja integral crua.

Vilela et al. (2003), utilizando vacas da raça Holandesa mantidas em pastagens de coastcross recebendo dietas com concentrado contendo soja integral tostada – 9,3% de proteína degradável no rúmen (PDR) – e vacas consumindo concentrado com 15,3% PDR sem soja integral tostada, encontraram maiores produções de leite de 22,2 kg/vaca/dia ( $P < 0,04$ ) nos animais suplementados com soja integral tostada em relação aos não suplementados (19,8 kg/vaca/dia). Constataram também que vacas que receberam alimentação concentrada suplementar com soja integral tostada apresentaram melhor persistência da lactação no seu terço inicial. Concluíram que o fornecimento do concentrado suplementar com soja integral tostada aumenta o teor de gordura do leite produzido, atribuindo os maiores valores ao efeito do processamento (tostagem) da soja que, provavelmente, melhorou a digestibilidade dos AGVs e aumentou o teor de AGVs polissaturados. Estas observações também foram reportadas por TICE et al. (1994).

Os resultados da utilização da soja processada em dietas para leitões após os desmame são divergentes. Soares et al. (2000) não observaram diferença significativa no ganho de peso de leitões consumindo dietas que continham soja integral extrusada, comparados com àqueles que receberam o farelo de soja. Da mesma forma utilizando a extrusão, Friesen et al. (1993) verificaram que a soja e os subprodutos, quando comparados ao farelo de soja, promoveram desempenhos semelhantes nos leitões. No entanto, Moreira et al. (1994) observaram o pior desempenho dos leitões submetidos às dietas que continham soja integral extrusada, em relação àqueles consumindo o farelo de soja.

Trindade Neto et al. (2002), comparando a utilização do farelo de soja com duas fontes protéicas provenientes da soja (soja integral macerada e soja micronizada) na alimentação de leitões desmamados aos 21 dias de idade, verificaram que o farelo de soja foi o mais indicado na alimentação de leitões após o desmame porém, preconizaram que a soja integral macerada deve ser mais bem avaliada como alternativa econômica em substituição ao farelo de soja (Quadros 10 e 11).

QUADRO 10 - Desempenho dos leitões durante o período de creche, segundo a fonte protéica

Item	Farelo de soja	Soja integral macerada	Soja micronizada	C.V. (%)
Fase inicial – 1 (de 21 a 42 dias de idade)				
Ganho de peso (g/dia)	426,8 A	387,8 B	321,2 C	3,4
Consumo de ração (g/dia)	467,8	438,8	471,8	9,8
Conversão alimentar	1,17 a	1,25 ab	1,29 b	
Fase inicial – 2 (de 43 a 56 dias de idade)				
Ganho de peso (g/dia)	644,8 A	576,0 AB	551,8 B	6,7
Consumo de ração (g/dia)	1.105,4 A	1.027,6 AB	915,0 B	7,2
Conversão alimentar	1,72	1,78	1,66	5,8
Fase total de creche				
Ganho de peso (g/dia)	522,6 A	463,0 B	415,2 C	3,2
Consumo de ração (g/dia)	703,8 a	701,4 a	617,0 b	7,6
Conversão alimentar	1,38 a	1,51 b	1,49 b	5,0

FONTE: Trindade Neto et al. (2002).

NOTA: Médias seguidas por letras diferentes na linha, maiúsculas ( $P < 0,02$ ) ou minúsculas ( $P < 0,05$ ), diferem pelo teste Tukey.

C.V. – Coeficiente de variação.

QUADRO 11 - Desempenho dos suínos nas fases de crescimento e terminação: efeitos subseqüentes das dietas experimentais fornecidas no período de creche

Fase	Item	Fonte de proteína recebida nas fases de creche									C.V. (%)
		Farelo de soja			Soja integral macerada			Soja micronizada			
		Macho	Fêmea	Média	Macho	Fêmea	Média	Macho	Fêmea	Média	
Crescimento	Peso aos 56 dias de idade (kg)	22,68	23,57	23,13A	20,70	21,77	21,24B	19,83	19,23	19,53C	4,1
	Dias para atingir 50 kg	34	33	34A	34	35	34A	39	39	39B	7,7
	Ganho de peso (g/dia)	819,00	782,10	800,50b	862,00	828,50	845,20a	786,10	782,50	784,3b	6,9
	Consumo de ração (g/dia)	1.912,80	1.884,20	1.898,50	1.892,60	1.888,40	1.890,80	1.883,80	1.728,40	1.806,10	6,4
	Conversão alimentar	2,34	2,30	2,32	2,20	2,29	2,25	2,41	2,21	2,31	4,4
Terminação	Peso aos 56 dias de idade (kg)	<sup>(1)</sup> 39	<sup>(1)</sup> 42	40a	<sup>(1)</sup> 40	<sup>(1)</sup> 46	43ab	44	48	46b	11,0
	Dias para atingir 50 kg	129	131	130A	130	137	134AB	139	143	141B	5,5
	Ganho de peso (g/dia)	<sup>(2)</sup> 985,80	<sup>(2)</sup> 907,30	946,50	<sup>(2)</sup> 967,80	<sup>(2)</sup> 842,90	905,40	<sup>(2)</sup> 975,5	<sup>(2)</sup> 908,5	942,00	6,0
	Consumo de ração (g/dia)	<sup>(2)</sup> 2.809,90	<sup>(2)</sup> 2.465,10	2.637,50	<sup>(2)</sup> 2.850,00	<sup>(2)</sup> 2.433,60	2.641,80	<sup>(2)</sup> 3.010,30	<sup>(2)</sup> 2.599,20	2.840,70	8,9
	Conversão alimentar	2,86	2,88	2,87	2,96	2,91	2,93	3,09	2,86	2,97	6,9

FONTES: Trindade Neto et al. (2002).

NOTA: Médias seguidas por letras distintas na linha, maiúsculas ( $P < 0,01$ ) ou minúsculas ( $P < 0,06$ ) diferem pelo teste Tukey.

C.V. – Coeficiente de variação.

(1) Significativo ( $P < 0,02$ ) pelo teste F. (2) Significativo ( $P < 0,01$ ) pelo teste F.

De acordo com Sakomura et al. (2004), na utilização da soja integral na formulação de rações para frangos é importante considerar a idade da ave, assim como o tipo de processamento da soja, pois esses fatores podem influenciar o aproveitamento da energia dos alimentos. Pieniz et al. (1993), verificando os efeitos da utilização da soja integral tostada em substituição ao farelo de soja comercial no desempenho de fran-

gos de corte da linhagem Pilch, constataram que a soja integral tostada pode ser utilizada na substituição total (37,5% de inclusão) do farelo de soja sem prejuízo no desempenho das aves (Quadro 12).

### Casca de soja

Película que reveste o grão, é um subproduto, com aproximadamente 7% a 8% do peso do grão, obtida durante a indus-

trialização do grão de soja para extração do óleo, com grande destaque no cenário nacional em razão da alta produção brasileira de soja (RESTLE et al., 2004). A cada tonelada de soja que entra para ser processada, cerca de 2% são transformadas em casquinha de soja, podendo essa porcentagem variar de 0% a 3%, de acordo com os objetivos da produção de farelo de soja. Quando se faz necessário o farelo de soja com maior concentração de proteína, maior é a retirada de casca, aumentando assim a disponibilidade de casca de soja (SILVA et al., 2004). Uma vez que é um subproduto industrial muito produzido no Brasil, pode ser obtido praticamente durante todo o ano, não estando sujeito a grandes alterações de preços sazonais. Assim, pode ser uma fonte alimentar alternativa, promissora, quando se busca a maximização do desempenho animal associado a baixo custo.

Apresenta teor de proteína bruta próximo de 11% e alta disponibilidade energética (QUADROS et al., 2004). O baixo teor

QUADRO 12 - Médias de ganho de peso, consumo de alimento e conversão alimentar dos frangos, no período de 1 a 49 dias de idade

Nível de inclusão (%)	Ganho de peso (g)	Consumo de alimento (g)	Conversão alimentar (g/g)
0,0	2.080	4.586	2,21
12,5	1.937	4.376	2,23
25,0	2.068	4.627	2,24
37,5	2.093	4.618	2,21
C.V. (%)	2,90	2,39	1,54

FONTES: Pieniz et al. (1993).

NOTA: C.V. – Coeficiente de variação.

de amido proporciona baixa taxa de fermentação e reduz os problemas de acidez. Possui alto conteúdo de fibra em detergente neutro (FDN), por isso tem sido uma alternativa viável para substituir parte da fração volumosa da dieta de bovinos de corte e ovinos (MORAES, 2003). Seu conteúdo de fibras estimula a salivação e a ruminação, mantendo um ambiente ruminal satisfatório (RESTLE et al., 2004). A alta digestibilidade da FDN e a baixa lignificação (SILVA et al., 2002a) confere à casca de soja uma fibra de boa qualidade, pois geralmente a fibra presente nos alimentos exerce um efeito negativo na digestão da proteína em razão de sua associação com a lignocelulose, reduzindo seu aproveitamento, exigindo um gasto maior de energia para digestão e metabolismo da fração fibrosa, resultando em pior eficiência de utilização da energia do alimento (FERREIRA et al., 1997).

Além do aspecto econômico e os já mencionados, a substituição dos grãos pela casca de soja na alimentação animal pode propiciar melhor eficiência de utilização dos alimentos pelo animal, uma vez que alimentos contendo fibra altamente digestível (casca de soja) produzem menor efeito associativo negativo que aqueles ricos em amido. A redução do pH ruminal, associada ao aumento do teor de amido na dieta, pode alterar a composição bacteriana do rúmen, aumentando a população de amilolíticas e diminuindo as de celulolíticas, com efeito negativo sobre a digestibilidade da parede celular e o consumo de forragem (SOEST, 1994).

Quando grandes quantidades de amido são fornecidas na dieta de ruminantes, a taxa de digestão ruminal aumenta e microrganismos que digerem amido, *Streptococcus bovis* por exemplo, passam a produzir mais lactato do que acetato. A produção de acetato resulta em quatro adenosina trifosfato (ATPs) por unidade de glicose fermentada, enquanto a de lactato apenas duas unidades de ATP. Concomitantemente, os microrganismos diminuem a eficiência de produção de ATP para incrementar a produção de ácido lático, que proporciona um

meio mais favorável para seu crescimento exclusivo (SOEST, 1994).

Santos et al. (2004) avaliaram sistemas de recria de novilhas de corte desmamadas aos 60-90 dias e mantidas em pastagens anuais e verificaram aumento na produção de carne por hectare em todos os sistemas nos quais se utilizaram a suplementação energética (grão de milho moído, polpa cítrica peletizada e moída e casca de soja). Entretanto, o investimento adicional somente superou significativamente o tratamento testemunha, quando se trabalhou com a casca de soja como suplemento (Quadro 13).

Devido a seu conteúdo e disponibilidade energética, a casca de soja vem sendo utilizada em substituição total ou parcial do milho (LUDDEN et al., 1995) e de fontes protéicas, na substituição de volumosos na alimentação de ruminantes (MORAES, 2003; SILVA et al., 2002a) e na substituição de feno de Tifton 85 em equinos sendo que, o nível de inclusão da casca de soja pode ser até de 40% da matéria seca total em substituição ao feno de Tifton 85 (QUADROS et al., 2004).

A adição da casca de soja na dieta dos bovinos tem melhorado o desempenho dos animais, contudo a proporção da casca a ser incluída na dieta deve estar associada ao fator econômico (RESTLE et al., 2004). De acordo com Silva et al. (2002a), a casca de soja apresenta baixos teores de fibra

efetiva, havendo necessidade de inclusão de outras fontes fibrosas para obtenção de boas condições no ambiente ruminal para que ocorra maior eficiência de utilização dos nutrientes.

Ludden et al. (1995), trabalhando com novilhos cruzados, alimentados com 95% de concentrado na dieta, verificaram que o consumo de matéria seca aumentou linearmente, quando o milho grão foi substituído por casca de soja, nos níveis 0%, 20%, 40% e 60%. A casca de soja apresentou valor estimado de 74% a 80% do valor nutricional do milho em grão quando incluída em quantidades moderadas a altas em concentrados para bovinos em fase de engorda.

Ganhos de peso médio superiores foram obtidos por Restle et al. (2004), quando substituíram sorgo em grão por casca de soja em dietas fornecidas a novilhos em terminação. Esses autores atribuíram a melhora no desempenho dos animais que receberam dietas com a adição da casca de soja a um efeito associativo no rúmen, que proporcionou melhor aproveitamento da dieta, principalmente do alimento volumoso que contribuía com 60% da matéria seca da dieta. A eficiência com que o animal transforma o alimento em ganho de peso é apresentada na forma de conversão alimentar e esta também foi melhor quando se incluiu casca de soja na dieta em todos os níveis estudados (Quadro 14).

No entanto, Prohmann et al. (2004)

QUADRO 13 - Custo total, receita bruta e margem bruta por hectare e retorno financeiro direto de novilhas suplementadas em pastagem de inverno

Tratamento	Custo total	Receita bruta	Margem bruta	Retorno financeiro direto
PAST2	369,8	459,0	89,2	1,24
PAST2/M	611,9	608,0	-3,9	0,99
PAST2/C	548,9	602,8	53,9	1,10

FONTE: Dados básicos: Santos et al. (2004).

NOTA: Valores expressos em kg de peso vivo de novilha.

PAST2 – Pastagem de aveia-preta e azevém, sem suplementação aos animais; PAST2/M – PAST2 + suplementação com grão de milho moído; PAST2/C – PAST2 + suplementação com casca de grão de soja.

QUADRO 14 - Valores médios para peso inicial e final, ganho de peso médio diário e conversão alimentar de novilhos alimentados com diferentes níveis de substituição do sorgo por casca de soja no concentrado

Variável	Nível de substituição (%)					C.V. (%)
	0	25	50	75	100	
PMI (kg)	307,10	306,90	308,10	307,50	310,80	1,13
PMF (kg)	416,30	437,30	430,60	440,20	437,60	1,92
GPMD (kg/dia)	1,040	1,242	1,167	1,264	1,208	3,04
CA	8,490	7,340	7,611	7,029	7,201	1,94

FONTE: Dados básicos: Restle et al. (2004).

NOTA: C.V. – Coeficiente de variação; PMI – Peso médio inicial; PMF – Peso médio final; GPMD – Ganho de peso médio diário; CA – Conversão alimentar.

utilizando 32 novilhos inteiros com 13 meses de idade pastejando capim-coastcross e suplementados com quatro níveis diferentes de casca de soja (0%; 0,2%; 0,4% e 0,6% peso vivo) observaram que a suplementação com casca de soja não produziu respostas significativas no ganho de peso em níveis de até 0,6% do peso vivo (Quadro 15).

Avaliando a substituição do feno de Tifton 85 pela casca de soja na alimentação de eqüinos, Quadros et al. (2004) observaram que a substituição proporcionou ótimo desempenho quanto ao ganho de peso, sendo o ganho médio diário dos eqüinos que receberam casca de soja satisfatório para animais em crescimento (Quadro 16). Deve-se ressaltar, ainda, que não foram verificados efeitos negativos de ingestão e/ou palatabilidade no uso das rações com casca de soja, como também não foram observados distúrbios gastrointestinais. No entanto, a literatura é escassa e não foram encontrados outros experimentos avaliando o desempenho de eqüinos quando submetidos a dietas com casca de soja.

Morais (2003), avaliando a substituição do feno de coastcross por casca de soja sobre o desempenho de borregas confinadas, utilizando rações isoprotéicas, com níveis iguais de fibra em detergente neutro e com inclusão de 0%; 12,5%; 25% e 37,5% de casca de soja na matéria seca,

observou efeito linear crescente para o consumo de matéria seca e ganho de peso diário. Verificou-se também que a inclusão de até 37,5% de casca de soja na matéria

seca aumentou a digestibilidade da MS e matéria orgânica, melhorando o desempenho animal (Quadro 17 e 18). De acordo com esse autor, o maior ganho de peso observado com a inclusão de casca de soja na dieta foi ocasionado pelo aumento das digestibilidades da matéria seca, da matéria orgânica e do aumento do consumo de alimento que proporcionaram um maior aporte energético para os animais.

Arruda et al. (2003), comparando duas fontes de fibra (feno de alfafa x casca de soja) em rações para coelhos em crescimento, obtiveram melhor eficiência protéica e energética na carcaça de coelhos alimentados com casca de soja (Quadro 19) e concluíram que esta pode ser bem utilizada por coelhos em crescimento, desde que sejam atendidas as outras recomendações nutricionais preconizadas para essa espécie.

QUADRO 15 - Ganho médio diário de novilhos suplementados com casca de soja em pastagem de coastcross, durante o verão

Tratamento	Época de avaliação				Média
	1	2	3	4	
CS0	1,427	0,798	0,714	0,405	0,859
CS2	1,250	0,833	0,470	0,857	0,853
CS4	1,321	0,839	0,500	1,137	0,949
CS6	1,404	1,119	0,333	1,095	0,988
Média	1,350	0,897	0,504	0,873	0,912

FONTE: Prohmann et al. (2004).

NOTA: CS0 – Casca de soja a 0% peso vivo; CS2 – Casca de soja a 0,2% peso vivo; CS4 – Casca de soja a 0,4% peso vivo; CS6 – Casca de soja a 0,6% peso vivo.

QUADRO 16 - Peso médio inicial, peso médio final e ganho de peso médio diário de eqüinos alimentados com diferentes níveis (%) de substituição do feno de Tifton pela casca de soja

Variável	Tratamento					C.V. (%)
	0-CS	33,3-CS	66,6-CS	100-CS	Média	
PMI (kg)	260,00	261,25	247,75	251,75	255,19	–
PMF (kg)	308,75	308,75	295,00	298,75	302,81	–
GPMD (kg/dia)	0,650	0,633	0,630	0,626	0,635	11,636

FONTE: Quadros et al. (2004).

NOTA: C.V. – Coeficiente de variação; PMI – Peso médio inicial; PMF – Peso médio final; GPMD – Ganho de peso médio diário; CS – Casca de soja.

QUADRO 17 - Consumo de matéria seca digestível, consumo de matéria orgânica digestível e digestibilidade aparente no trato digestivo total em ovinos consumindo diferentes níveis de inclusão de casca de soja

Item	<sup>(1)</sup> Tratamento				<sup>(4)</sup> EPM	<sup>(5)</sup> P
	0-CS	12,5-CS	25-CS	37,5-CS		
<b>Matéria seca</b>						
<sup>(2)</sup> Consumo (kg/d)	1,24	1,40	1,35	1,66	0,07	0,055
<sup>(2)</sup> CMSD (kg/d)	0,90	1,06	1,01	1,28	0,06	0,036
<sup>(3)</sup> DATT (%)	72,52	75,88	76,83	77,40	1,30	0,128
<b>Matéria orgânica</b>						
<sup>(2)</sup> Consumo (kg/d)	1,15	1,31	1,27	1,57	0,07	0,044
<sup>(2)</sup> CMOD (kg/d)	0,85	1,00	0,97	1,23	0,06	0,032
<sup>(3)</sup> DATT (%)	73,69	77,23	78,16	78,37	1,26	0,118

FONTE: Moraes (2003).

NOTA: CMSD – Consumo de matéria seca digestível; CMOD – Consumo de matéria orgânica digestível; DATT – Digestibilidade aparente no trato digestivo total.

(1) Tratamento: 0-CS – Sem inclusão de casca de soja; 12,5-CS – 12,5% de inclusão de casca de soja; 25-CS – 25% de inclusão de casca de soja; 37,5-CS – 37,5% de inclusão de casca de soja. (2) Efeito linear ( $P < 0,02$ ); (3) Efeito linear ( $P < 0,04$ ). (4) Erro padrão da média. (5) P – Probabilidade de haver efeito significativo entre tratamentos.

QUADRO 18 - Consumo de matéria seca, ganho de peso vivo das borregas no período experimental

Item	<sup>(1)</sup> Tratamento				<sup>(3)</sup> EPM	<sup>(4)</sup> P
	0-CS	12,5-CS	25-CS	37,5-CS		
Peso inicial (kg)	23,02	22,93	23,45	23,13	0,70	0,7957
<sup>(2)</sup> Peso final (kg)	32,49	34,41	36,11	38,92	0,51	0,0001
<sup>(2)</sup> CMS (kg/d)	0,95	1,02	1,08	1,20	0,03	0,0001
% PV	3,48	3,59	3,70	3,96	0,10	0,0001
g/kg PV <sup>0,75</sup>	79,39	82,69	85,85	92,68	1,66	0,0001
<sup>(2)</sup> GPV (g/d)	113	117	150	187	6,00	0,0001

FONTE: Dados básicos: Moraes (2003).

NOTA: CMS – Consumo de matéria seca; GPV – Ganho de peso vivo.

(1) Tratamento: 0-CS – Sem inclusão de casca de soja; 12,5-CS – 12,5% de inclusão de casca de soja; 25-CS – 25% de inclusão de casca de soja; 37,5-CS – 37,5% de inclusão de casca de soja. (2) Efeito linear ( $P < 0,01$ ). (3) Erro padrão da média. (4) P – Probabilidade de haver efeito significativo entre tratamentos.

Gentilini et al. (2004), avaliando o desempenho produtivo e reprodutivo de leiteiras alimentadas com dietas de gestação com inclusão de 7% e 35% de casca de soja, as quais continham níveis de 4,5% e 13,1% de fibra bruta, respectivamente, não verificaram diferenças significativas entre os níveis de fibra sobre a produção e a

composição do leite, a variação de peso das fêmeas durante a lactação e o intervalo desmame-estro. Obtiveram também resultados semelhantes para o número de nascidos totais, nascidos vivos, natimortos e mumificados para os dois níveis de fibra. O peso e o número de leitões ao desmame não foram afetados também pelos níveis

de fibra. No entanto, o consumo diário médio da ração durante a lactação foi maior para as fêmeas alimentadas com a dieta contendo 35% de casca de soja (Quadro 20). Esses autores concluíram que os dois níveis de inclusão de casca de soja na dieta de gestação de leiteiras resultam em desempenhos produtivo e reprodutivo semelhantes.

### Farelo centrifugado de soja

É um resíduo proveniente da extração de alguns aminoácidos essenciais do farelo de soja para destiná-los a alimentação humana (VAZ et al., 1997). O subproduto (farelo) resultante apresenta menores teores de nitrogênio total e uma proteína de menor valor

biológico, porém pode ser utilizado na alimentação animal (BRONDANI et al., 1997).

Vaz et al. (1997), utilizando o farelo centrifugado de soja (FCS) em substituição ao farelo de soja (0%; 33,3%; 66,7%; e 100% FCS) em dietas fornecidas a machos bovinos inteiros (5/8 Hereford e 3/8 Nelo-

re), abatidos aos 14 meses de idade, não observaram diferença significativa para as características da carcaça entre os quatro tratamentos, mostrando com isso um desenvolvimento uniforme das carcaças, independente do nível de substituição do farelo de soja pelo farelo centrifugado de soja. De acordo com esses autores o farelo centrifugado de soja não alterou as características de carcaça (peso, rendimento e espessura de gordura) dos animais (Quadro 21) e não causou hipertrofia muscular de bovinos abatidos aos quatorze meses.

### Silagem de soja

O uso da silagem como volumoso na época seca tem sido uma estratégia viável utilizada pela maioria dos produtores de gado de leite ou corte. Para elevar o teor protéico das silagens, têm-se intensificado estudos da associação da soja com milho (LEMPP et al., 2000) ou com sorgo (REZENDE et al., 2001). No entanto, apesar de ser mais uma opção para complemen-

QUADRO 19 - Desempenho e rendimento de carcaça de coelhos em crescimento submetidos às rações experimentais

Item	Fonte de fibra	
	Feno de alfafa	Casca de soja
Peso vivo inicial (g)	967,00	985,00
Peso vivo final (g)	2.190,70	2.176,00
Ganho de peso (g/dia)	30,59	29,77
Conversão alimentar	3,01	2,88
Rendimento carcaça (%)	49,68	49,28
Eficiência protéica	53,21	55,91
Eficiência energética	28,35	29,80

FONTE: Dados básicos: Arruda et al. (2003).

QUADRO 20 - Efeito do nível de fibra da dieta de gestação sobre o desempenho produtivo e reprodutivo de leitões e de suas leitegadas (médias  $\pm$  desvios-padrão)

Parâmetro	Nível de inclusão de casca de soja				
	n	7%	n	35%	P
<b>Matrizes</b>					
Peso médio aos 70 dias de gestação (kg)	47	189,8 $\pm$ 12,0	39	190,3 $\pm$ 12,0	0,85
Perda de peso da fêmea na lactação (kg)	67	7,2 $\pm$ 9,1	63	5,9 $\pm$ 9,6	0,43
Peso da fêmea ao desmame (kg)	67	189,7 $\pm$ 14,9	63	187,1 $\pm$ 13,6	0,30
Intervalo desmame-estro (dias)	84	7,85 $\pm$ 5,98	84	8,98 $\pm$ 8,42	0,32
<b>Leitões</b>					
Nascidos totais	101	10,77 $\pm$ 2,47	94	11,35 $\pm$ 2,45	0,16
Nascidos vivos	101	9,97 $\pm$ 2,45	94	10,65 $\pm$ 2,41	0,09
Natimortos	101	0,60 $\pm$ 0,92	94	0,49 $\pm$ 0,76	(1)
Mumificados	101	0,19 $\pm$ 0,50	94	0,21 $\pm$ 0,47	(1)
Peso médio da leitegada ao nascer (kg)	101	15,53 $\pm$ 2,87	94	15,39 $\pm$ 2,73	0,63
Leitões desmamados	84	9,21 $\pm$ 1,50	84	8,95 $\pm$ 2,04	0,36
Peso médio dos leitões ao desmame (kg)	84	4,92 $\pm$ 1,18	84	4,89 $\pm$ 1,09	0,76

FONTE: Dados básicos: Gentilini et al. (2004).

NOTA: n - Número de fêmeas; P - Probabilidade.

(1) Não houve diferença entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ), quando os valores médios foram comparados pelo teste Wilcoxon-Mann-Whitney.

QUADRO 21 - Peso na fazenda e de carcaça, rendimentos, espessura de gordura de carcaça de novilhos terminados com diferentes níveis de farelo centrifugado de soja em substituição ao farelo de soja

Característica	Tratamento				P > F
	T0	T33	T66	T100	
Peso na fazenda (kg)	408	418	422	408	0,8533
Peso carcaça quente (kg)	221	226	232	224	0,7890
Peso carcaça fria (kg)	213	218	225	217	0,7681
Rendimento carcaça quente (%)	54,2	55,0	55,0	55,0	0,5763
Rendimento carcaça fria (%)	52,3	52,1	53,3	53,3	0,3115
Espessura de gordura (mm)	4,28	4,00	5,06	4,17	0,6293

FONTE: Dados básicos: Vaz et al. (1997).

NOTA: T0 – 100% FS; T33 – 33,3% FCS + 66,7% FS; T66 – 66,7% FCS + 33,3% FS; T100 – 100% FCS.

FS – Farelo de soja; FCS – Farelo centrifugado de soja.

tar e elevar o valor nutricional da forragem disponível, principalmente em proteína, não pode ser considerada uma solução da dependência total de forragem para a época seca. A variedade da soja deve ser escolhida conforme a região de cultivo (EVANGELISTA; LIMA, 2000).

A cultura da soja tem sido uma alternativa viável para produção de forragem na forma de consórcio para produção de silagem, massa verde para produção de grãos como componente protéico, na forma de rolão e como cultura de duplo propósito, ou seja, para produção de feno com pos-

terior aproveitamento dos grãos da rebrota (REZENDE et al., 2001).

A época de corte das plantas constitui um fator básico para a determinação de uma ótima relação entre a produção de feno de boa qualidade e de grãos de rebrota. Segundo Rezende et al. (2001), à medida que se retardou o corte da soja e aumentou a dose de  $P_2O_5$  aplicada, os rendimentos de massa verde, feno e matéria seca elevaram-se. Constataram também que nos cortes mais tardios (75 dias após emergência), os rendimentos de proteína bruta no feno foram maiores; os elementos fósforo, potássio,

cálcio e magnésio também foram maiores com o corte de 75 dias (Quadro 22). No entanto, os rendimentos de grãos, palha e massa total foram maiores na testemunha sem corte e a altura da planta foi significativamente reduzida em função do corte, enquanto o tratamento sem corte e corte aos 45 dias apresentaram maiores alturas da inserção da primeira vagem (Quadro 22). Esses autores ressaltaram que mesmo no corte aos 75 dias após a emergência, a altura da inserção apresentou-se aceitável para a colheita mecanizada, pois as modernas colheitadoras conseguem operar bem rente ao solo.

A silagem de soja apresenta em torno de 16% de proteína bruta na matéria seca e pode ser usada como único volumoso para animais de alta produção ou para mistura com silagens de gramíneas ou verde picado, visando elevar o teor protéico da dieta. Porém, a melhor utilização da soja para forragem tem sido para formar consórcio com gramíneas. Como silagem de soja exclusiva, só tem sido recomendada para solucionar algum problema, ou seja, para uso estratégico em manejo de área ou de animais específicos (EVANGELISTA; LIMA, 2000).

Os sistemas consorciados (soja-sorgo) podem ser uma ótima opção de cultivo para produção de forragens, pois permite obter ótimos resultados, tanto na produção de forragem como na de ração. Associa as vantagens nutricionais de ambas as cul-

QUADRO 22 - Valores médios em kg/ha de proteína bruta, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, em relação às épocas de corte

Épocas de corte (dias após emergência)	Sem corte					Com corte				
	Proteína bruta	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Rendimento (kg/ha)			Altura (cm)	
						Grãos	Palha	Massa total	Planta	1ª Vagem
–	–	–	–	–	–	2.136 a	6.486 a	8.802 a	98 a	13 a
45	216 c	2,5 c	24 c	17 c	3,4 c	2.058 ab	5.466 b	7.524 b	60 b	12 ab
60	447 b	4,3 b	38 b	40 b	5,8 b	1.825 b	3.732 c	5.557 c	47 c	11 b
75	721 a	6,5 a	47 a	57 a	8,5 a	977 c	3.496 c	4.473 d	36 d	7c

FONTE: Rezende et al. (2001).

NOTA: Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

turas, proporcionando um melhor balanço energético na alimentação animal, uma vez que a solução do problema do baixo teor protéico das silagens de sorgo pela suplementação indiscriminada com concentrados tem refletido de maneira negativa nos custos de produção (SILVA et al., 2000).

Rezende et al. (2000) relataram que a planta de soja de conhecida capacidade de rebrota, aliada ao sorgo, pode fornecer, em conjunto, mais forragem por unidade de área do que em monocultivo, sendo essa uma das principais características do consórcio. Os autores utilizando quatro híbridos de sorgo forrageiro consorciado com quatro cultivares de soja observaram que, devido aos seus rendimentos, as cultivares de sojas consorciadas puderam expressar todo seu potencial de produção, ocorrendo uma complementação entre as culturas. Visto que a cultura do sorgo não proporcionou sombreamento na cultura da soja por ocasião da rebrota, pôde-se observar uma superioridade em relação à massa verde do consórcio na ordem de 69,38% (22.338 kg/ha). Tais resultados evidenciaram que as culturas de soja, quando consorciadas na entrelinha, contribuem de maneira expressiva para o rendimento final. Na condição de consórcio, todas as combinações apresentaram rendimentos de matéria seca total superiores, 11,83% (1.396 kg/ha), a mais quando comparado à monocultura.

Evidenciando a importância do consórcio de leguminosa na adição de proteína à forragem, Silva et al. (2000), utilizando quatro híbridos de sorgo forrageiro consorciado com quatro cultivares de soja, obtiveram rendimento médio de proteína bruta maior no consórcio quando comparado ao rendimento médio do monocultivo de sorgo, alcançado valor de 50,94% (354 kg/ha) a favor do consórcio.

A produção de milho consorciado com soja no plantio produz uma silagem mais protéica. No entanto, Lempp et al. (2000) encontraram dificuldades de obter grande número de plantas de soja quando em consórcio com milho, porém observaram aumen-

to nos teores de proteína bruta das silagens com inclusão da soja, sendo que essa adição não alterou o pH da silagem. Esses autores ressaltaram que, como o valor nutritivo das leguminosas é mais estável que o das gramíneas (milho), seu corte deve ser feito um pouco mais tardio para que os teores de matéria e de proteína bruta elevem-se nas silagens.

Oliveira et al. (2004b), utilizando cana-de-açúcar ensilada com soja (planta inteira), numa proporção de 3:1, concluíram que a adição da soja melhorou a fermentação, diminuiu a acidez e o teor alcoólico da silagem e, também, elevou o teor protéico da mistura para 7,5%.

Oliveira et al. (2004a), utilizando silagem de cana com planta inteira de soja (3:1), observaram redução na acidez e no teor alcoólico e aumento no teor de proteína das silagens, e a inclusão de 25% de soja à cana ensilada elevou o pH de 3,3 para 3,7 e também aumentou o teor de proteína bruta da mistura para 8,5% (Quadro 23). Além disso, a silagem apresentou excelente aceitabilidade pelas vacas, que apresentaram consumo médio de 55 kg de silagem/dia/vaca, ganho de 800 g/dia/vaca durante o período experimental, aumento de 5% na produção de leite e redução de 48% no fornecimento de concentrado.

### Óleo de soja

Os subprodutos da industrialização de óleos são utilizados em rações animais como ingrediente de alta densidade energética

a um custo razoável. Há constatações de que a proporção de ácidos graxos saturados e insaturados tem papel fundamental no processo de absorção de gorduras. O óleo de soja, além de fornecer triglicerídeos, também fornece ácidos graxos insaturados. No entanto, não basta apenas ter ácidos graxos insaturados ou triglicerídeos isolados, mas sim ácidos graxos insaturados ligados ao glicerol, formando os triglicerídeos, fator esse que propicia ao óleo de soja condições mais favoráveis a sua utilização (GAIOTTO et al., 2000).

Segundo Gaiotto et al. (2000), o melhor desempenho de frangos de corte consumindo óleo de soja em relação ao óleo ácido de soja pode ser explicado pelos elevados níveis de ácidos graxos livres, reduzindo os níveis de triglicerídeos no óleo ácido de soja, uma vez que os triglicerídeos são importantes para ativar a secreção de bile e para a formação das micelas, reduzindo, dessa forma, a digestibilidade e a disponibilidade de energia da ração.

De acordo com Sakomura et al. (2004), a digestibilidade da gordura e o aproveitamento da energia dos alimentos varia em função da idade das aves, estando associada com a atividade da lipase ou da produção de enzimas digestivas. As aves, nas fases iniciais de desenvolvimento, possuem menor capacidade de absorção de gordura devido à reduzida capacidade de produção de lipase pancreática e sais biliares (GAIOTTO et al., 2000). Sakomura et al. (2004) constataram que, com o avanço

QUADRO 23 - Valores médios (média  $\pm$  erro padrão da média) de pH, matéria seca e proteína bruta em silagens constituídas de misturas de cana e soja

Silagem	pH	Matéria seca (%)	Proteína bruta (g/kg)
100% cana	3,3 $\pm$ 0,02	21,4 $\pm$ 0,6	31,9 $\pm$ 1,1
75% cana + 25% soja	3,7 $\pm$ 0,03	24,6 $\pm$ 0,5	75,8 $\pm$ 0,2
50% cana + 50% soja	3,8 $\pm$ 0,02	26,8 $\pm$ 0,6	89,7 $\pm$ 1,5
25% cana + 75% soja	3,9 $\pm$ 0,05	29,3 $\pm$ 0,4	147,8 $\pm$ 2,9
100% soja	4,2 $\pm$ 0,02	29,6 $\pm$ 0,5	173,7 $\pm$ 2,8

FONTE: Oliveira et al. (2004ab).

de idade dos frangos de corte, o desenvolvimento do pâncreas se completou, aumentando a produção de enzimas digestivas e, conseqüentemente, propiciou o melhor aproveitamento da energia dos alimentos.

### Resíduo de limpeza da soja

Durante a pré-limpeza de grãos de oleaginosas e cereais são retiradas várias substâncias (sementes, fragmentos de plantas, grãos quebrados, imaturos, atacados por insetos e/ou doenças, “ardidos”, danificados por intempéries, etc.) que formam os resíduos, alguns com elevado valor nutri-

tivo, como é o caso do resíduo de limpeza de soja. Pode representar 2% do peso total da soja colhida e se constituir numa alternativa para diminuir os custos de alimentação de ruminantes, pois apresenta um bom valor nutritivo, com teores de proteína bruta próximo de 30,85%, sendo uma fonte de baixo custo (SILVA et al., 2004). No entanto, o resíduo de limpeza de soja deve ser cuidadosamente amostrado e analisado quimicamente, pois sua composição tem sido muito variável. Quase todos os tipos de resíduos de soja têm características de concentrado, entretanto necessitando ser moídos em peneira fina, para evitar que fragmentos grosseiros existentes na mis-

tura, especialmente talos, prejudiquem o consumo (BURGI, 1986).

Bolzan et al. (2000), utilizando níveis diferentes de inclusão de resíduo de limpeza de soja no concentrado (0%, 20%, 40%, 60%, 80% e 100%) na alimentação de bovinos de corte, encontraram que a conversão alimentar não foi influenciada significativamente pelos níveis de inclusão de resíduo de limpeza de soja (Quadro 24) e que, os níveis de inclusão de 60% e 80% de resíduo no concentrado apresentaram melhores resultados econômicos. Entretanto, segundo esses autores, essa resposta pode variar em função da variação dos custos e este estudo deverá ser realizado em cada situação particular.

QUADRO 24 - Ganho médio diário, consumo médio diário de matéria seca, consumo de matéria seca em relação ao peso vivo, consumo de matéria seca em relação ao peso metabólico e conversão alimentar e suas respectivas equações de regressão

Variáveis	Tratamento						<sup>(1)</sup> Equação de regressão	R <sup>2</sup>	P
	T0	T20	T40	T60	T80	T100			
Ganho médio diário (kg/animal/dia)	1,043	0,939	0,906	0,839	0,786	0,704	Y = 1,030-0,03R	64,96	0,0001
Consumo médio diário de matéria seca (kg/animal/dia)	6,39	4,97	5,19	4,25	4,80	4,5	Y = 5,83-0,015R	45,24	0,0004
Consumo de matéria seca em relação ao peso vivo (% PV)	3,42	3,06	3,00	2,56	2,98	2,96	Y = 3,21-0,004R	20,27	0,0311
Consumo de matéria seca em relação ao peso metabólico (g/utm)	126,30	109,28	108,91	91,85	106,12	104,54	Y = 117,95-0,198R	28,91	0,0081
Conversão alimentar	6,16	5,32	5,80	5,09	6,10	6,62	Y = 5,61+0,005R	4,16	0,3505

FONTE: Bolzan et al. (2000).

NOTA: R<sup>2</sup> – Coeficiente de determinação; P – Probabilidade; g/utm – Gramas por unidade de tamanho metabólico; T0 – Volumoso + 0% de resíduo de limpeza de soja (no concentrado); T20 – Volumoso + 20% de resíduo de limpeza de soja (no concentrado); T40 – Volumoso + 40% de resíduo de limpeza de soja (no concentrado); T60 – Volumoso + 60% de resíduo de limpeza de soja (no concentrado); T80 – Volumoso + 80% de resíduo de limpeza de soja (no concentrado); T100 – Volumoso + 100% de resíduo de limpeza de soja (no concentrado).

(1) R – Nível de resíduo de limpeza no concentrado (%).

### REFERÊNCIAS

ARRUDA, A.M.V. de; LOPES, D.C.; FERREIRA, W.N.; ROSTAGNO, H.S.; QUEIROZ, A.C. de; PEREIRA, E.S.; FERREIRA, A.S.; SILVA, J.F. da. Desempenho e características de carcaça de coelhos alimentados com rações contendo diferentes níveis de amido e fontes de fibra.

*Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v.32, n.6, p.1311-1320, nov./dez. 2003.

BANYS, V.L.; PAIVA, P.C. de A.; CARDOSO, R.M.; ABREU, L.R. de; PÉREZ, J.R.O.; ASSIS, A.G. de. Viabilidade do uso da proteína texturizada de soja como ingrediente em sucedâneo de leite para bezerros. *Ciência e Agrotecnolo-*

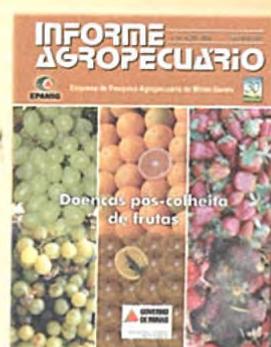
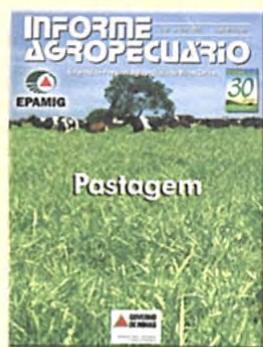
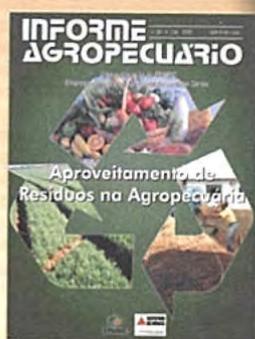
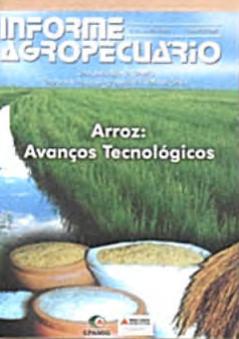
*gia*, Lavras, v.25, n.3, p.667-676, maio/jun. 2001.

BERTOL, T.M.; MORES, N.; LUDKE, J.V.; FRANKE, M.R. Proteínas da soja processadas de diferentes modos em dietas para desmame de leitões. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v.30, n.1, p.150-157, jan./fev. 2001.

- BOLZAN, I.T. et al. Avaliação do resíduo de limpeza da soja na alimentação de bovinos de corte, mantidos em regime de confinamento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. CD-ROM.
- BRONDANI, I.L.; PASCOAL, L.L.; RASTLE, J.; VAZ, F.N.; BERNARDES, R.A.C.; GONÇALVES, J.M. Desenvolvimento da carcaça de machos bovinos terminados com diferentes níveis de farelo centrifugado de soja na dieta. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Nutrição de ruminantes. Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. v.1, p.334-336.
- BURGI, R. Utilização de resíduos agro-industriais na alimentação de ruminantes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PASTAGENS, 8., 1986, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1986. p.101-117.
- CAFÉ, M.B.; SAKOMURA, N.K.; JUNQUEIRA, O.M.; CARVALHO, M.R.B.; DEL BIANCHI, M. Determinação do valor nutricional das sojas integrais processadas para aves. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v.2, n.1, p.67-74, jan./abr. 2000.
- CARRÃO-PANIZZI, M.C. Melhoramento de soja para as qualidades nutricionais. In: MORAIS, A.A.C. de; SILVA, A.L. da. **Soja: sua aplicações**. Rio de Janeiro: MEDSI, 1996. cap. 12, p.191-206.
- COSTA, F.G.P.; JÁCOMES, I.M.T.D.; SILVA, J.H.V. da; ARAÚJO, M.J. de; CAMPOS, K.M.F. de; BARBOSA, J.G.; PEIXOTO, J.P.N.; SILVA, J.C.A. da; NASCIMENTO, G.A.J. do; CLEMENTINO, R.H. Níveis de fósforo disponível e de fitase na dieta de poedeiras de ovos de casca marrom. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.5, n.2, p.73-81, abr./jun. 2004.
- EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A.de. **Silagens: do cultivo ao silo**. Lavras: UFLA, 2000. 200p.
- FERREIRA, E.R.A.; FIALHO, E.T.; TEIXEIRA, A.S.; LIMA, J.A. de F.; GONÇALVES, T. de M. Avaliação da composição química e determinação de valores energéticos e equações de predição de alguns alimentos para suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.26, n.3, p.514-523, maio/jun. 1997.
- FRIESEN, K.G.; NELSSSEN, J.L.; GOODBAND, R.D.; BEHNKE, K.C.; KATS, L.J. The effect of moist extrusion of soy products on growth performance and nutrient utilization in the early-weaned pig. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.71, n.8, p.2099-2109, 1993.
- GAIOTTO, J.B.; MENTEN, J.F.M.; RACANICCI, A.M.C.; IAFIGLIOLA, M.C. Óleo de soja, óleo ácido de soja e sebo bovino como fontes de gordura em rações de frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v.2, n.3, p.219-227, set. 2000.
- GENTILINI, F.P.; DALLANORA, D.; PEIXOTO, C.H.; BERNARDI, M.L.; WENTZ, I.; BORTOLOZZO, F.P. Desempenho produtivo de leitões alimentados com dietas de gestação de baixo ou alto nível de casca de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.4, p.1177-1183, jul./ago. 2004.
- LEHNINGER, A.L. Proteínas. In: \_\_\_\_\_. **Princípios de bioquímica**. 3.ed. São Paulo: Sarvier, 2002. cap.6, p.105.
- LEMPP, B.; MORAIS, M.G.; SOUZA, L.C.F. Produção de milho em cultivo exclusivo ou consorciado com soja e qualidade de suas silagens. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.52, n.3, p.243-249, jun. 2000.
- LUDDEN, P.A.; CECAVA, M.J.; HENDRIX, K.S. The value of soybean hulls as a replacement for corn in beef cattle diets formulated with or without added fat. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.73, n.9, p.2706-2711, 1995.
- MENDES, W.S.; SILVA, I.J.; FONTES, D.O.; RODRIGUEZ, N.M.; MARINHO, P.C.; SILVA, F.O.; AROUCA, C.L.C.; SILVA, F.C.O. Composição química e valor nutritivo da soja crua e submetida a diferentes processamentos térmicos para suínos em crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.56, n.2, p.207-213, abr. 2004.
- MIURA, E.M.Y.; BINOTTI, M.A.R.; CAMARGO, D.S. de; MIZUBUTI, I.Y.; IDA, E.I. Avaliação biológica de linhagem de soja com baixa atividade de inibidores de tripsina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1754-1758, nov./dez. 2000.
- MORAIS, J.B. **Substituição do feno de coastcross (Cynodon spp) por casca de soja na alimentação de borregas(os) confinadas(os)**. 2003. 77f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- MOREIRA, I.; ROSTAGNO, H.S.; TAFURY, M.L.; COSTA, P.M.A. Uso da soja integral processada a calor na alimentação de leitões de 21 a 42 dias de idade. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.23, n.1, p.57-64, jan./fev. 1994.
- OLIVEIRA, M.W. et al. Redução na acidez da silagem de cana e aumento do teor de proteína bruta pela inclusão de soja. In: ZOOTEC2004, 2004, Brasília: UPIS, **Anais...** Brasília, 2004a.
- \_\_\_\_\_. Silagem de cana-de-açúcar e soja na alimentação de vacas leiteiras. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 3., 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Sociedade Nordestina de Produção Animal, 2004b.
- PIENIZ, L.C.; ALBINO, L.F.T.; BALLAVER, C.; BRUM, P.A.R. **Utilização da soja integral tostada na alimentação de frangos de corte**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1993. 2p. (EMBRAPA-CNPSA. Comunicado Técnico, 197).
- PROHMANN, P.E.F.; BRANCO, A.F.; JOBIM, C.C.; CECATO, U.; PARIS, W.; MOURO, G.F. Suplementação de bovinos em pastagem de *Coastcross (Cynodon dactylon (L.) Pers)* no verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.33, n.3, p.792-800, maio/jun. 2004.
- QUADROS, J.B. da S.; FURTADO, C.E.; BARBOSA, E.D.; ANDRADE, M.B. de; TREVISAN, A.G. Digestibilidade aparente e desenvolvimento de equínos em crescimento submetidos a dietas compostas por diferentes níveis de substituição do feno de Tifton 85 pela casca de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.33, n.3, p.564-574, maio/jun. 2004.

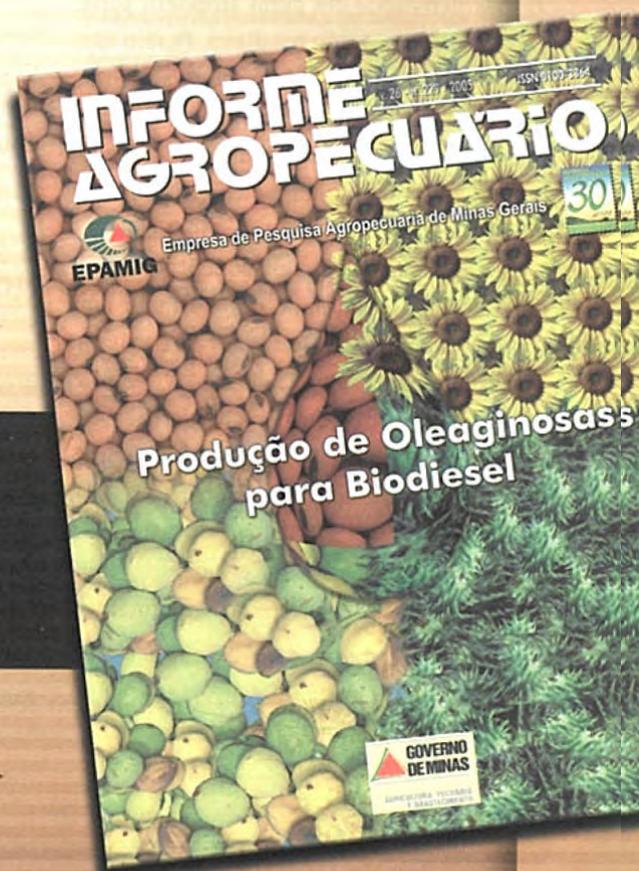
- RIBEIRO, M.L.L.; IDA, E.I.; OLIVEIRA, M.C.N. de. Efeito da germinação de soja cv. Br-13 e Paraná sobre ácido fítico, fósforo total e inibidores de tripsina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.1, p.31-36, jan. 1999.
- RESTLE, J.; FATURI, C.; ALVES FILHO, D.C.; BRONDANI, I.L.; SILVA, J.H.S. da S.; KUSS, F.; SANTOS, C.V.M. dos; FERREIRA, J.J. Substituição do grão de sorgo por casca de soja na dieta de novilhos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.33, n.4, p.1009-1015, jul./ago. 2004.
- REZENDE, P.M. de; ANDRADE, M.J.B. de; RESENDE, G.M.; BOTREL, E.P. Maximização da exploração da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]: XIII - efeito da época de corte e da adubação fosfatada na produção de feno e grãos da rebrota. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.2, p.311-320, mar./abr. 2001.
- \_\_\_\_\_; SILVA, A.G. da; CORTE, E.; BOTREL, E.P. Consórcio sorgo-soja – VI: estudo comparativo em função da rebrota de cultivares de sorgo e soja consorciados na entrelinha e em monocultivo no rendimento de forragem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.24, p.215-223, 2000. Edição especial.
- RODRIGUES, P.B.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; GOMES, P.C.; NUNES, R.V.; TOLEDO, R.S. Valores energéticos da soja e subprodutos da soja, determinados com frangos de corte e galos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.31, n.4, p.1771-1782, jul./ago. 2002.
- SAKOMURA, N.K.; DEL BIANCHI, M.; PI-ZAURO JUNIOR, J.M.; CAFÉ, M.B.; FREITAS, E.R. Efeito da idade dos frangos de corte sobre a atividade enzimática e digestibilidade dos nutrientes do farelo de soja e da soja integral. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.33, n.4, p.924-935, jul./ago. 2004.
- SANTOS, D.T. dos; ROCHA, M.G. da; GENRO, T.C.M.; QUADRO, F.L.F. de; FREITAS, F.K. de; ROMAN, J.; NEVES, F.P. Suplementos energéticos para recria de novilhas de corte em pastagens anuais: análise econômica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.33, n.6, p.2359-2368, nov./dez. 2004. Suplemento 3.
- SILVA, A.G.A. Soja na alimentação de bovinos leiteiros. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C. de; FARIA, V.P. (Ed.). **Nutrição de bovinos: conceitos básicos e aplicados**. 5.ed. Piracicaba: FEALQ, 1995. p.339-358. (FEALQ. Atualização em Zootecnia, 7).
- \_\_\_\_\_; REZENDE, P.M. de; CORTE, E.; MANN, E.N. Consórcio sorgo-soja - III: seleção de cultivares de sorgo e soja, consorciadas na linha visando à produção de forragem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.4, p.861-868, out./dez. 2000.
- SILVA, D.C. da; KAZAMAR, R.; FAUSTINO, J.O.; ZAMBOM, M.A.; SANTOS, G.T. dos; BRANCO, A.F. Digestibilidade *in vitro* e degradabilidade *in situ* da casca do grão de soja, resíduo de soja e casca de algodão. **Acta Scientiarum**. Animal Sciences, Maringá, v.26, n.4, p.501-506, Oct./Dec. 2004.
- SILVA, L. das D.F. da; EZEQUIEL, J.M.B.; AZEVEDO, P.S. de; CATTELAN, J.W.; BARBOSA, J.C.; RESENDE, F.D. de; CARMO, F.R.G. do. Digestão total e parcial de alguns componentes de dietas contendo diferentes níveis de casca de soja e fontes de nitrogênio, em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.31, n.3, p.1258-1268, maio/jun. 2002a.
- \_\_\_\_\_; RAMOS, B.M. de O.; RIBEIRO, E.L. de A.; MIZUBUTI, I.Y.; ROCHA, M.A. da; MORAES, F.L.Z. de. Degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca e proteína bruta de duas variedades de grão de soja com diferentes teores de inibidor de tripsina em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.31, n.3, p.1251-1257, maio/jun. 2002b.
- SILVA, M.R.; SILVA, M.A.A.P. da. Fatores anti-nutricionais: inibidores de proteases e lectinas. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.13, n.1, p.3-9, jan./abr. 2000.
- SNIZEK JÚNIOR, P.N. et al. Soja integral destituída do fator anti-nutricional Kunitz na alimentação de poedeiras semi-pesadas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.5, n.2, p.111-113, 1999.
- SOARES, J.L.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. de; FERREIRA, A.S.; FERREIRA, C.L. de L.F.; HANNAS, M.I.; APOLÔNIO, L.R. Soja integral processada (fermentada e extrusada) e farelo de soja em substituição ao leite em pó em dieta de leitões desmamados aos 14 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.29, n.4, p.1153-1161, jul./ago. 2000.
- SOEST, P.J. van. **Nutritional ecology of ruminant**. 2nd ed. Ithaca: Comstock, 1994. 746p.
- TICE, E.M.; EASTRIDGE, M.L.; FIRKINS, J.L. Raw soybeans and roasted soybeans of different particle sizes – 1: digestibility and utilization by lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.1, p.224-235, 1993.
- \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Raw soybeans and roasted soybeans of different particle sizes – 2: fatty acid utilization by lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.77, n.1, p.166-180, 1994.
- TRINDADE NETO, M.A. da; BARBOSA, H.P.; PETILINCAR, I.M. Farelo de soja, soja integral macerada e soja micromizada na alimentação de leitões desmamados aos 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.31, n.1, p.104-111, jan./fev. 2002.
- VAZ, F.N.; RASTLE, J.; ANDREATTA, E. Peso e rendimentos de carcaça de machos inteiros, terminados com diferentes níveis de farelo centrifugado de soja na dieta. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais... Nutrição de ruminantes**. Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. v.1, p.331-333.
- VILELA, D.; MATOS, L.L. de; ALVIM, M.J.; MATIOLLI, J.B. Utilização de soja integral tostada na dieta de vacas em lactação, em pastagem de *coastcross* (*Cynodon dactylon*, L. Pers.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.32, n.5, p.1243-1249, set./out. 2003.
- ZONTA, M.C. de M.; RODRIGUES, P.B.; ZONTA, A.; FREITAS, R.T.F. de; BERTECHINI, A.G.; FIALHO, E.T.; PEREIRA, C.R. Energia metabolizável de ingredientes protéicos determinada pelo método de coleta total e por equações de predição. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.6, p.1400-1407, nov./dez. 2004.

# INFORME AGROPECUARIO



## Tecnologias para o agronegócio

Assinatura e vendas avulsas  
**(31) 3488-6688**  
[publicacao@epamig.br](mailto:publicacao@epamig.br)



# A soja em receitas simples e práticas: uma alternativa alimentar nutritiva, saudável e saborosa

Vera de Toledo Benassi<sup>1</sup>

Resumo - A soja tradicionalmente só aparece nas cozinhas brasileiras em forma de fritura. O grosso do volume da colheita é exportado ou usado na alimentação animal. Além do sabor exótico, a falta de tradição de sua utilização nas dietas, a discriminação da população alvo como sendo as classes menos favorecidas e a tentativa de substituição de alguns produtos básicos como leite, carnes e até o feijão, desencorajaram o seu uso como alimento. Após a descoberta de que a soja possui diversos fitoquímicos que trazem benefícios diretos à saúde humana, este panorama vem-se modificando. Alguns programas, como o da Embrapa Soja, vêm sendo desenvolvidos por meio de treinamentos, palestras, desenvolvimento e adaptação de receitas, com o objetivo de incentivar o consumo da soja e seus derivados.

Palavras-chave: *Glycine max*. Alimentação vegetal. Valor nutritivo. Propriedade funcional. Subproduto.

## INTRODUÇÃO

A soja é uma das culturas de maior importância econômica no Brasil e, sendo nosso País o segundo produtor mundial dessa leguminosa, seria de se esperar que esta e seus derivados em geral fizessem parte da dieta da população brasileira. Porém não é isso que acontece. Originário do Oriente, este grão ainda é considerado um alimento exótico, pouco utilizado na alimentação humana, embora atualmente seja possível cultivá-lo em todo o território nacional.

A quase totalidade da soja processada no Brasil continua sendo transformada em óleo refinado e farelo desengordurado para a alimentação animal, enquanto poderia estar sendo utilizada para diversificar e enriquecer a dieta tradicional do brasileiro, como uma opção alimentar nutritiva e saudável.

Os entraves para introdução da soja na dieta do brasileiro são, principalmente,

fatores de ordem cultural: a soja não faz parte dos nossos hábitos alimentares, além de pesar sobre ela o preconceito de ser proteína barata, alimento para animais, alimento para pobres. O desconhecimento da versatilidade da soja na culinária e das técnicas adequadas para seu preparo são fatores que devem ser constantemente trabalhados para demonstrar que o sabor característico da soja pode ser bastante agradável ao paladar ocidental.

## A SOJA COMO ALIMENTO NO BRASIL

Nos anos 70, houve uma série de programas governamentais visando à introdução do extrato de soja (mais conhecido como leite de soja) na merenda escolar. Porém, por ser inadequadamente processado, o sabor desse produto era desagradável e sua aceitação foi bastante limitada (HASSE, 1996). Quase todos esses pro-

gramas, com suas populares “vacas mecânicas”, foram posteriormente desativados e o uso de soja para o consumo humano tornou-se mais reduzido. Entretanto, com a descoberta de compostos funcionais na soja (proteínas, isoflavonas, saponinas, etc.) e dos seus benefícios à saúde humana, nos últimos 10 a 15 anos, essa leguminosa vem ganhando destaque como alimento nos meios de comunicação.

Isto se reflete em demanda e aceitação crescente pelos produtos à base de soja, principalmente por parte daqueles consumidores preocupados com a saúde, que buscam com esses produtos diminuir riscos de diversas doenças crônicas e degenerativas. Por outro lado, aumenta também o número de interessados em produzir e/ou comercializar tais produtos. É importante que a oferta de produtos de soja aumente, tornando o seu preço mais acessível, de modo que sejam consumidos por todos,

<sup>1</sup>Eng<sup>a</sup> Alimentos, M.Sc., Pesq. Embrapa Soja, Caixa Postal 231, CEP 86001-970 Londrina-PR. Correio eletrônico: benassi@cnpso.embrapa.br

em razão do seu valor nutricional e funcional, independente de idade ou classe social.

É também fundamental que informações técnicas sobre equipamentos, tecnologias e matérias-primas sejam disponibilizadas, para garantir a entrada no mercado de produtos de boa qualidade e sabor agradável. Esta preocupação com a qualidade não diz respeito apenas à segurança alimentar dos consumidores, mas tem por objetivo manter a reputação alcançada pela soja, que foi duramente conquistada. Por não fazer parte do hábito alimentar dos brasileiros, a soja encontrou muita resistência, devido ao sabor que apresenta, quando preparada pelos procedimentos tradicionais, e sua imagem, por muitos anos, esteve associada à de um alimento para animais ou como fonte proteica barata, para alimentação de populações desnutridas e/ou de baixa renda.

## VALOR NUTRICIONAL DA SOJA

Dentre as fontes vegetais com potencialidade de uso na dieta humana, a soja é aquela que possui maior teor – na média, 40% – de proteínas. A proteína da soja, como a das leguminosas em geral, é deficiente em aminoácidos sulfurados (metionina e cisteína); tem também baixa digestibilidade na forma crua, devido à presença de inibidores de protease. Isto faz com que, ainda hoje, pessoas pensem que a proteína de soja tem baixo valor biológico, o que não corresponde à verdade. Desde 1991, a *World Health Organization* (WHO) e o *Food and Drug Administration* (FDA) passaram oficialmente a expressar a qualidade da proteína da soja em termos de outro índice, mais apropriado que o *protein efficiency ratio* (PER) anteriormente usado. Assim, pelo *protein digestibility corrected amino acid score* (PDCAAS), o valor atribuído à proteína da soja é de 0,95 a 1, ou seja, pode ser considerada uma proteína completa (MORAIS; SILVA, 2000).

Além de ser um alimento nutritivo, a soja é hoje caracterizada como um alimento funcional e, neste contexto, não deve

mais ser vista apenas como um alimento calórico-protéico a ser utilizado no combate à fome e à desnutrição, nem apenas como uma alternativa proteica para vegetarianos ou para pessoas de baixa renda. Procura-se hoje difundir o conceito de que este é um alimento a ser utilizado por todos, pois estudos realizados no mundo inteiro, a partir da década de 90, têm mostrado que seu consumo pode ajudar a reduzir riscos de diversas doenças crônicas e degenerativas, como é o caso do câncer, das doenças cardiovasculares, diabetes e osteoporose, além de aliviar os sintomas da tensão pré-menstrual e do climatério (menopausa).

## INCENTIVO AO CONSUMO DA SOJA

O Programa de Soja na Alimentação Humana da Embrapa Soja teve início em 1985, tendo como objetivo principal aumentar o consumo da soja e de seus derivados pela população brasileira; a partir de 1995, esse Programa passou a ser chamado “Soja na Mesa”. Seus objetivos gerais são: difundir as vantagens do uso da soja na alimentação humana, evidenciando seus benefícios para a saúde; difundir a utilização de produtos industrializados de soja, bem como o processamento adequado do grão, que garanta a obtenção de derivados de boa qualidade.

Para tanto, são continuamente desenvolvidas atividades de treinamento (cursos práticos de culinária) e de palestras para os mais variados públicos; de desenvolvimento e adaptação de receitas; de degustação, visando difundir a soja como uma nova alternativa alimentar; de divulgação do trabalho desenvolvido na Embrapa Soja, por meio de publicações técnico-científicas e de matérias na mídia; de realização de eventos; de orientação de estagiários de graduação e pós-graduação; de parcerias com instituições de ensino, pesquisa e transferência de tecnologia e com empresas privadas, visando aumentar a disponibilidade de produtos de boa qualidade para o consumidor.

## SABOR DA SOJA

O sabor da soja é complexo, formado por vários diferentes atributos, os quais dependem da composição dos grãos de uma determinada cultivar. Assim, além do sabor característico, podem ser percebidos outros sabores e sensações, como o amargor, a adstringência, a gredosidade, o sabor de nozes, etc. O maior fator de rejeição aos produtos e, particularmente, ao extrato de soja, é o sabor de “feijão verde”, conhecido em inglês como *beany flavor*.

O tratamento térmico adequado inativa essas enzimas, minimizando a ocorrência de sabor indesejável e melhorando assim o sabor dos produtos derivados de soja (CABRAL; MODESTA, 1981). Além do desenvolvimento de processos e equipamentos que permitam inativar as lipoxigenases, há outras abordagens possíveis para o problema de sabor da soja, como é o caso da obtenção de cultivares mais adaptadas para o consumo humano, por meio de Programas de Melhoramento Genético. Nesse sentido, foi obtida pela Embrapa Soja a cultivar BRS 213, na qual as lipoxigenases (mais precisamente suas três formas  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$ ) estão ausentes. Essa cultivar possui também hilo amarelo-claro o que propicia a obtenção de derivados de soja com melhor aparência, além de sabor mais adequado ao paladar do brasileiro (ALMEIDA et al., 2002).

## PRODUTOS DE SOJA

A composição de alguns produtos derivados da soja pode ser vista no Quadro 1 e Figura 1. E, em seguida, uma rápida descrição dos principais produtos de soja (UNITED SOYBEAN BOARD, 2005), divididos em alguns subgrupos.

### Derivados da soja

Produtos derivados do óleo

- óleo de soja: extraído dos grãos por meio de processos físico (extrusão e prensagem) ou químico (extração por solvente) constitui 90% do óleo comestível consumido no Brasil. Pode-se apresentar como óleo de cozinha

QUADRO 1 - Composição de alimentos com soja (g/100g)

Derivado da soja	Água (%)	Proteína (%)	Óleo (%)	Fibra bruta (%)	Valor calórico (kcal/100g)
Soja em grãos					
Crus	8,5	40,0	19,9	5,0	416
Cozidos	62,6	18,2	9,0	2,0	173
Torrados	2,0	38,6	25,4	4,6	474
Farinha desengordurada	7,3	51,5	1,2	4,3	329
Concentrado protéico	5,8	63,7	0,5	3,8	332
Isolado protéico	5,0	88,5	3,4	0,3	338
Extrato de soja	93,3	3,1	1,9	1,1	33
<i>Okara</i>	81,6	3,5	1,7	4,1	77
<i>Tofu</i>	84,6	8,9	4,8	0,1	76
<i>Shoyu</i>	71,1	5,7	0,1	0,0	53
<i>Miso</i>	41,5	13,0	6,1	2,5	206
<i>Natto</i>	55,0	19,4	11,0	1,6	212
<i>Tempeh</i>	55,0	20,8	7,7	3,0	199

FONTE: USDA (1986).



Figura 1 - Produtos derivados da soja

ou em misturas com azeite de oliva, para uso em saladas. Possui alto teor de ácidos graxos poliinsaturados e, como todos os óleos vegetais, é livre de colesterol. É usado como matéria-prima na confecção de margarinas, de gordura vegetal hidrogenada, maioneses, pastas para sanduíches, molhos para saladas e substitutos do creme de leite;

- b) lecitina: extraída durante o processo de refinação do óleo de soja, a lecitina é usada no processamento de alimentos como um emulsificante (ingrediente que permite estabilizar a emulsão de óleo em água) em diversos tipos de produtos de panificação e confeitaria, como um agente tensoativo no revestimento de achocolatados e leites em pó instantâneos, na fabricação de balas de margarinas e gorduras vegetais, além de uso farmacêutico (cápsulas de lecitina) e em cosméticos (cremes).

#### Produtos derivados do grão integral

- a) grãos maduros: a maioria das variedades de soja apresenta cascas de cor amarela, mas há também marrons e pretas. Os grãos devem ser sempre cozidos antes do consumo e podem ser usados em uma grande variedade de preparações, incluindo saladas, molhos e sopas;
- b) soja-verde: grãos colhidos verdes, que apresentam sabor adocicado e podem ser servidos debulhados ou na casca (*edamame*, um aperitivo japonês), depois de fervidos em água ligeiramente salgada por 15-20 minutos. Nesse estágio de maturação, os grãos contêm vitamina C;
- c) brotos de soja: embora não tão populares quanto os brotos de feijão ou alfafa, os brotos de soja são uma excelente fonte nutricional, contendo proteína e vitamina C;

d) salgadinhos de soja (em inglês, *soynuts*): são os grãos inteiros torrados, após maceração ou cozimento em água. Têm textura e sabor similares aos do amendoim e podem ser encontrados em diversos sabores, incluindo cobertura com chocolate (soja pralinê);

- e) farinha de soja integral (em japonês, *kinako*): é obtida a partir dos grãos tostados e finamente moídos. A farinha de soja tem cerca de 50% de proteína e dá um grande acréscimo de proteínas a todas as receitas. A farinha de soja não tem glúten, por isso os pães feitos com ela ficam mais densos.

#### Produtos desengordurados

- a) fibra de soja: há três tipos básicos – *okara*, farelo, fibra isolada de soja. Todos esses produtos são de alta qualidade e fontes baratas de fibra dietética. *Okara* é o resíduo úmido que sobra após a separação do extrato de soja. O farelo de soja é obtido pela separação e moagem das cascas. O material fibroso das cascas pode ser extraído e refinado para uso como ingrediente alimentício (fibra isolada de soja);
- b) farinha desengordurada: obtida pela moagem dos flocos de soja desengordurados, fica ainda mais concentrada em proteínas que a farinha integral;
- c) concentrado protéico de soja (70% proteína): é obtido a partir do tratamento dos flocos de soja desengordurados, para retirada de açúcares e outros componentes solúveis. Comercializada como ingrediente para uso industrial;
- d) isolado protéico de soja (90% proteína): é a proteína de soja mais altamente refinada, obtida a partir do tratamento dos flocos de soja desengordurados, para retirada de compo-

mentos solúveis e de fibras. É uma fonte de aminoácidos de alta digestibilidade (necessários para o crescimento e manutenção do organismo humano), tem sabor suave e é utilizada em aplicações industriais;

- e) proteína texturizada de soja (PTS): obtida a partir da extrusão de farinha desengordurada ou concentrado protéico de soja, processo que permite obter diferentes formas e tamanhos. Quando hidratada, tem textura elástica e pode ser utilizada como substituto parcial ou total da carne.

#### Alimentos tradicionais (orientais) de soja

- a) extrato de soja: consiste nas proteínas solubilizadas e extraídas em água quente, produzindo um fluido mais conhecido como “leite” de soja, que pode ser empregado como substituto parcial ou total do leite de vaca, principalmente por pessoas intolerantes à lactose ou à proteína do leite de vaca. É mais comumente encontrado em embalagens assépticas (longa vida), mas também pode ser encontrado na forma pasteurizada e refrigerada, assim como na forma em pó, para ser reconstituído em água. As bebidas à base de soja, incluindo aquelas em que o extrato é misturado a sucos de frutas, têm obtido grande aceitação pelos consumidores ocidentais e é o setor de produtos de soja que mais cresce, no Brasil e no mundo;
- b) *okara* (resíduo de soja): é um subproduto da fabricação do extrato, o resíduo que sobra após a separação da fração líquida. Este material, rico em proteínas e fibras, apresenta sabor e textura similares às do coco ralado. Pode ser utilizado úmido ou ser previamente seco no forno, adicionando-o em muitas preparações caseiras;

- c) *tofu* ("queijo" de soja): é um produto obtido a partir do tratamento do extrato de soja com um agente coagulante (no Brasil, mais comum é o sal amargo, o sulfato de magnésio). É um produto de sabor neutro, que facilmente absorve os sabores dos outros ingredientes ao qual é misturado. É rico em proteína de boa qualidade, em vitaminas do grupo B e baixo em sódio. Pode ser comercializado em diferentes texturas, cada uma mais adequada a determinados tipos de preparação;
- d) *miso* (lê-se missô): é uma pasta fermentada de soja, que constitui um condimento muito utilizado na culinária japonesa. Deve ser mantido refrigerado e pode ser usado em sopas, molhos, marinados e patês;
- e) *natto* (lê-se natô): é um alimento feito de grãos de soja inteiros, cozidos e fermentados, de fácil digestão. Os grãos ficam envolvidos por uma cobertura viscosa e pegajosa e pode ser encontrado pronto nas lojas de produtos orientais ou naturais;
- f) *tempeh* (lê-se tempê): é um alimento tradicional da Indonésia, feito a partir da fermentação de grãos de soja por fungos filamentosos e que lembra a aparência de um torrão. A textura resultante é semelhante à de carne e pode ser empregado em muitas preparações;
- g) *shoyu* (molho de soja): é um líquido marrom-escuro, obtido a partir da soja fermentada. Tem sabor salgado e pode ser usado como tempero para saladas e como condimento para inúmeros pratos da culinária oriental.

## RECEITAS À BASE DE SOJA

A seguir, algumas receitas (BENASSI; MANDARINO, 2003, 2004; BORDIGNON; CARRÃO-PANIZZI, 2000; BORDIGNON et al., 2000; MANDARINO et al., 2003) que utilizam como ingredientes o grão ou outros produtos à base de soja.

### Extrato ou leite de soja

#### Ingredientes

- 3 xícaras (chá) de grãos de soja escolhidos e sem lavar
- 6 colheres (sopa) de açúcar refinado
- 1 colher (chá) de sal
- 4 ½ litros de água

#### Modo de preparo

- ferver um 1 ½ litro de água;
- adicionar os grãos e contar 5 minutos a partir da nova fervura;
- escorrer a água de cozimento e lavar os grãos em água corrente;
- colocar o restante da água (3 litros) para ferver, adicionar os grãos e cozinhar por 5 minutos, retirar do fogo e não descartar a água de cozimento;
- quando os grãos estiverem mornos, batê-los com água no liquidificador, por, aproximadamente, 3 minutos;
- cozinhar a massa obtida, em panela aberta, por 10 minutos, reduzindo a chama após a fervura, mexendo sempre;
- retirar do fogo;
- quando estiver morna, coar em pano de algodão limpo e espremer bem a massa através do pano, com o auxílio das mãos;
- o líquido filtrado é o *extrato* ("leite") de soja e a massa restante o *resíduo*;
- levar o extrato ao fogo, ferver por 2 minutos;
- adicionar açúcar e sal.

#### Observações

- para obter sabores diferentes, basta acrescentar chocolate em pó, canela, baunilha ou outros aromas;
- acondicionar o resíduo em sacos plásticos e armazenar em *freezer* para posterior utilização em outras receitas.

Rendimento: aproximadamente 1 ½ litro.

### Grãos de soja cozidos

#### Ingredientes

- 2 xícaras (chá) de grãos de soja escolhidos e sem lavar
- 1 colher (sopa) de óleo de soja
- água potável

#### Modo de preparo

- ferver um litro de água, adicionar os grãos de soja já escolhidos e sem lavar e cozinhar por 5 minutos, contados a partir da segunda fervura (após a adição dos grãos);
- descartar a água de cozimento, escorrer os grãos em recipiente próprio (tipo escorredor de macarrão) e lavar os grãos em água fria corrente, esfregando-os entre as palmas das mãos para promover a limpeza deles;
- colocar os grãos lavados em um recipiente fundo (fôrma refratária ou bacia), adicionar um litro de água fria e deixar de molho por 4 horas;
- descartar a água do molho e lavar novamente os grãos em água fria corrente, esfregando-os entre as palmas das mãos para retirar totalmente as cascas;
- cozinhar os grãos com uma quantidade suficiente de água (aproximadamente 2 litros), por cerca de ½ hora, em panela aberta, ou por 15 minutos em panela de pressão, adicionando 1 colher (sopa) de óleo de soja;
- descartar a água de cozimento;
- transferir os grãos cozidos para uma fôrma refratária apropriada;
- resfriar em refrigerador.

#### Observação

- os grãos cozidos podem ser utilizados em diferentes receitas de saladas frias.

Rendimento: aproximadamente 500 g de grãos cozidos.

**Kinako** (farinha de soja integral torrada)

## Ingredientes

- 1 kg de grãos de soja escolhidos

## Modo de preparo

- colocar os grãos em uma assadeira rasa média e torrá-los por 20 minutos em temperatura baixa, em forno pré-aquecido, mexendo para que os grãos torrem de maneira uniforme e não se queiem;
- o ponto final de torra é alcançado, quando as cascas dos grãos soltam-se com facilidade ao esfregá-los entre os dedos, de maneira semelhante à torra do amendoim (as cascas não precisam ser retiradas dos grãos torrados, caso queira uma farinha integral mais rica em fibras);
- se, em lugar do forno convencional desejar utilizar forno de microondas, fazer o processo de torra em duas vezes: colocar ½ kg de grãos em uma fôrma refratária média e torrá-los na potência alta, mexendo de 3 em 3 minutos, até alcançar o ponto adequado de torra (cerca de 6 minutos), quando as cascas dos grãos soltam-se com facilidade;
- deixar esfriar e triturar os grãos torrados no liquidificador, no multiprocessador ou em máquina de moer carne, até a obtenção de uma farinha;
- armazenar em recipiente fechado.

## Observação

Se os grãos forem limpos e de boa procedência, podem-se torrá-los diretamente. Porém, se ao contrário apresentarem-se sujos de terra ou de outras impurezas, há necessidade de uma etapa de limpeza inicial, que deve ser feita utilizando-se a técnica do “choque térmico”:

- ferver a água, adicionar os grãos de soja já escolhidos e sem lavar e cozinhar por 5 minutos, contados a partir da segunda fervura (após a adição dos grãos);

- descartar a água de cozimento, escorrer os grãos em recipiente próprio (tipo escorredor de macarrão) e lavá-los em água fria corrente, esfregando-os entre as palmas das mãos para promover a limpeza deles;

- escorrer novamente os grãos e colocá-los para secar sobre um pano de algodão limpo e seco, ou sobre papel toalha, por cerca de uma hora;

- proceder à torra em forno convencional ou de microondas, conforme descrito anteriormente, porém aumentando os tempos de aquecimento (cerca de uma hora, para o convencional, e de 12 minutos, para o de microondas).

**Tofu**

## Ingredientes

- 1 kg de soja em grãos
- 5 colheres (chá) de sulfato de magnésio (sal amargo)
- água filtrada

## Modo de preparo

- escolher os grãos de soja, lavar em água corrente e escorrer;
- colocar os grãos lavados em um recipiente e adicionar 4 litros de água filtrada, deixando de molho por uma noite (8-10 horas) em temperatura ambiente;
- no dia seguinte, escorrer a água do molho e lavar três vezes, esfregando os grãos com as mãos e descartando a água de lavagem;
- bater a soja com água filtrada no liquidificador, por 3 minutos, na proporção de 2 xícaras dos grãos escorridos para 2 xícaras de água, repetindo várias vezes essa operação e, ao final do processo, juntar todas as porções obtidas;
- aquecer 4 ½ litros de água em uma panela de fundo grosso;
- transferir a massa obtida para a panela com água, cozinhar mexendo sempre

para não grudar no fundo e, quando levantar fervura, desligar o fogo;

- em seguida, coar em tecido de algodão fino, separando a porção líquida (extrato de soja);

- preparar o coagulante, dissolvendo 5 colheres (chá) de sulfato de magnésio (sal amargo), em ½ xícara de água morna;

- aquecer o extrato de soja obtido, sem deixar ferver;

- desligar o fogo e adicionar o coagulante, misturando levemente;

- deixar o extrato de soja coagular por cerca de 30 minutos;

- com o auxílio de uma escumadeira, transferir o coágulo para uma fôrma própria para queijo, forrada com tecido de malha fina e úmido;

- cobrir com uma tampa perfurada;

- prensar a fôrma com pesos distribuídos uniformemente sobre a tampa, durante 10 minutos;

- colocar a fôrma contendo o *tofu* prensado dentro de um recipiente fundo, que permita a cobertura dele com água gelada e deixar por 10 minutos;

- desenformar, removendo o pano;

- armazenar o *tofu* na geladeira, dentro de um recipiente com água gelada.

## Observações

- o *tofu* pode ser conservado em geladeira (2°C-4°C) por 3 a 5 dias, trocando-se a água diariamente;

- o sal amargo é normalmente vendido em drogarias ou farmácias de manipulação;

- para o preparo do *tofu*, podem ser utilizadas fôrmas plásticas como aquelas utilizadas para a fabricação de queijo convencional.

Rendimento: 1 *tofu* de tamanho médio.

**Maionese de soja**

## Ingredientes

- 1 xícara (chá) de extrato de soja gelado
- 1 colher (soja) de suco de limão
- 1 colher (chá) de sal
- 5 azeitonas picadas
- ¼ de cebola picada
- óleo de soja gelado

## Modo de preparo

- colocar todos os ingredientes, com exceção do óleo, no copo do liquidificador e bater;
- lentamente, adicionar o óleo no centro da massa, batendo até atingir consistência firme. A maionese estará no ponto ideal, quando ocorrer o fechamento do “furo” no centro da massa.

Rendimento: aproximadamente 350 mL

**Hidratação da proteína texturizada de soja (PTS)**

## Ingredientes

- 1 xícara (chá) de PTS
- 2 xícaras (chá) de água fervente

## Modo de preparo

- colocar a PTS em um recipiente fundo (fôrma refratária ou bacia) e cobrir com a água fervente;
- aguardar 15 minutos para a PTS absorver a água (hidratar);
- escorrer a PTS hidratada em peneira (tipo escorredor de macarrão);
- retirar o excesso de água, apertando a PTS contra a malha da peneira com o auxílio de uma colher ou das mãos;
- utilizar em refogados, molhos e recheios como complemento ou substituto da car-

ne bovina moída, ou da carne de frango ou de peixe desfiados.

Rendimento: aproximadamente 2 xícaras (chá) de PTS hidratada.

**Pão de resíduo**

## Ingredientes

- 2 xícaras (chá) de resíduo de soja
- 5 xícaras (chá) de farinha de trigo
- 1 xícara (chá) de água morna
- ¼ xícara (chá) de óleo de soja
- 3 colheres (sopa) de fermento biológico fresco ou um pacotinho de fermento instantâneo para pão
- 6 colheres (sopa) de açúcar refinado
- 1 colher (sopa) rasa de sal

## Modo de preparo

- dissolver, em um recipiente, o fermento na água, adicionando 3 colheres (sopa) de açúcar;
- deixar em repouso por 15 minutos, coberto com plástico, para crescer;
- acrescentar o resíduo, o restante do açúcar, o óleo e adicionar aos poucos a farinha de trigo;
- amassar com as mãos até que a massa fique uniforme e se desprenda dos dedos;
- dividir a massa e moldar os pães no formato desejado;
- dispor em formas untadas e polvilhadas com farinha de trigo;
- deixar crescer por cerca de 1 hora;
- assar por 30 minutos em forno pré-aquecido em temperatura média baixa.

Rendimento: 2 pães médios.

**REFERÊNCIAS**

- ALMEIDA, L.A. de; KIIHL, R.A., de; CARRÃO-PANIZZI, M.C.; MANDARINO, J.M.G.; BENASSI, V. de T. **BRS 213: muito mais sabor**. Londrina: Embrapa Soja, 2002. Folder.
- BENASSI, V. de T.; MANDARINO, J.M.G. **Extra-to de soja e produtos derivados**. Londrina: Embrapa Soja, 2003. Folder.
- \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. **Receitas práticas com soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2004. 35p. (Embrapa Soja. Documentos, 248).
- BORDIGNON, J.R.; CARRÃO-PANIZZI, M.C. **O sabor da soja: o segredo para obter pratos saborosos com soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2000. Folder.
- \_\_\_\_\_; MANDARINO, J.M.G.; CARRÃO-PANIZZI, M.C. **Mais saúde em sua vida cozinhando com tofu**. Londrina: Embrapa Soja, 2000. 47p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 29).
- CABRAL, L. C.; MODESTA, R. C. D. **A soja na alimentação humana**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CTAA, 1981. 54p. (EMBRAPA-CTAA. Documentos, 1).
- HASSE, G. **O Brasil da soja: abrindo fronteiras, semeando cidades**. Porto Alegre: CEVAL Alimentos/L&PM, 1996. 256p.
- MANDARINO, J.M.G.; BENASSI, V. de T.; CARRÃO-PANIZZI, M.C. **Manual de receitas com soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2003. 60p. (Embrapa Soja. Documentos, 206).
- MORAIS, A.A.C. de; SILVA, A.L. da. Valor nutritivo e funcional da soja. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, São Paulo, v.15, n.2, p. 306-315, abr./jun. 2000.
- UNITED SOYBEAN BOARD. **Soyfoods guide 2005**. Chesterfield, 2005. Disponível em: <<http://www.soybean.org/sfg.pdf>>. Acesso em: 27 maio 2005.
- USDA. Human Nutrition Information Service. **Composition of food: legumes and legume products**. Washington, 1986. 156p. (USDA. Agriculture Handbook, 8-16).



**I FEIRA DE AGRICULTURA  
FAMILIAR DE MINAS GERAIS**

**As delícias do interior  
de Minas para você!**

**16 a 19 de março de 2006  
Serraria Souza Pinto  
Belo Horizonte**

**PARTICIPE!  
INFORMAÇÕES:  
FETAEMG**

- [fetaemg@fetaemg.org.br](mailto:fetaemg@fetaemg.org.br)
- Fone: (31) 3073.0000
- Fax: (31) 3073.0022

PROMOÇÃO



[fetaemg@fetaemg.org.br](mailto:fetaemg@fetaemg.org.br)  
Fone: 31 3073 0000 | Fax: 31 3073 0022

APOIO



EMATER MG



REALIZAÇÃO



Uma empresa do Grupo Campo



**Biotecnologia Vegetal Ltda.**

**A tecnologia produzindo as mudas  
e as sementes do futuro.**

**Superioridade genética - Maior produtividade - Resistência**

A hand is shown holding a large quantity of yellow soybeans. Overlaid on the image is a large, stylized DNA double helix in yellow and green, and a green plant sprout with leaves. The background is a blurred image of a field of green soybean plants.

**Clonagem e  
Melhoramento  
Genético**

**(38) 3671-1960**

[www.campobiotecnologia.com.br](http://www.campobiotecnologia.com.br)

**Soja na alimentação  
humana e animal.**