



REVISÃO

Alimentos fermentados à base de soja (*Glycine max* (Merrill) L.): importância econômica, impacto na saúde e efeitos associados às isoflavonas e seus açúcares

Alessandra Menegazzo Rosa¹, Juliana Claviso¹,
Luciana Maria Liboni Passos² e Claudio Lima Aguiar^{2*}

Submetido em: 01 de Outubro de 2008 Recebido após Revisão em: 06 de Setembro de 2009 Aceito em: 14 de Setembro de 2009

Disponível on-line: <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/1113>

RESUMO: (Alimentos fermentados à base de soja (*Glycine max* (Merrill) L.): importância econômica, impacto na saúde e efeitos associados às isoflavonas e seus açúcares). O Brasil é um dos maiores exportadores de soja (*Glycine max* (Merrill) L.) do mundo, com uma produção aproximada de 56,7 milhões de toneladas para a safra 2006/2007. Muito embora a soja represente grande importância para a economia agrícola do país, sua utilização como matéria-prima para elaboração de produtos alimentícios, ou ainda, como fonte de inúmeros ingredientes alimentícios, tem sido pouco aproveitado pela indústria brasileira. Evidências sugerem que o consumo de soja está associado a benefícios à saúde, assim a inclusão dessa leguminosa como parte da dieta diária é altamente recomendável. A população da Ásia oriental consome a soja na forma de alimentos tradicionais há mais de 2000 anos, e tais produtos se apresentam na forma de fermentados e não-fermentados. O objetivo desta revisão foi apresentar os principais produtos fermentados de soja e discutir os efeitos fisiológicos associados às isoflavonas e seus açúcares.

Palavras-chave: soja, derivados de soja, proteínas, fermentação, isoflavonas.

ABSTRACT: (Fermented soy foods (*Glycine Max* (Merrill) L.): economical importance, health impacts and effect associated to isoflavones and its sugars). Brazil is one of the greater soybean (*Glycine max* (Merrill) L.) exporting of the world, with an approach production of 56.7 million tons for harvest 2006/2007. Although so the soy represents great importance for the agricultural economy of the country, its use as raw material for elaboration of food products, or still, as source of innumerable food ingredients, but has been little used to advantage for the Brazilian industry. Evidences suggest that the soy consumption is associated with the benefits to the human health, thus the inclusion of this seed as part of the daily diet is highly recommendable. The population of eastern Asia consumes the soy in the traditional food form the 2000 years ago, and such products are in the fermented and unfermented forms. This review had as objective to present the main fermented soy products and to discuss the physiological effects associated to isoflavones and its sugars.

Key words: soybean, soy foods, proteins, fermentation, isoflavones.

ORIGEM E IMPORTÂNCIA DA SOJA

Os seres humanos usavam o que a natureza provia, caçavam animais e colhiam frutos, raízes e alguns cereais. No século XVIII, a população se alimentava de cerca de 240 espécies diferentes de plantas e, na trajetória histórica do ser humano, cerca de 3000 espécies de plantas foram utilizadas como alimento. No entanto, atualmente, somente cerca de 130 espécies de plantas comestíveis serão obtidas, apesar de milhares poderem ser domesticadas. Muitas destas, por exemplo, estavam ausentes da alimentação humana até recentemente, ou ainda, estavam restritas a alguns povos e etnias (Garcia 1995).

A soja é uma destas plantas de consumo milenar. A população da Ásia oriental consome soja (*Glycine max* (Merrill) L.) há mais de 2000 anos, na forma de alimentos tradicionais, tais como nimame (soja integral cozida), edaname (soja verde e fresca), extrato hidrossolúvel de soja, tofu, kori-tofu (tofu desidratado à frio), abura-age (tofu frito), sufu ou tofu-yo (tofu fermentado), molho de soja ou shoyu, misso, natto e tempeh (Fukushima & Hashimoto 1980). Nos países orientais, estes produtos

têm um importante papel nutricional como fonte de proteínas na dieta da população. Por outro lado, nos países ocidentais, como o Brasil, por exemplo, a soja começou a ser cultivada no final do século XIX (Brandão *et al.* 2006) e a despertar a atenção a partir da década de 60, como fonte de proteínas de alta qualidade (Fukushima 2001). O processamento da soja e sua difusão por meio de produtos de consumo cada vez mais práticos acompanham as tendências internacionais, visando atingir segmentos de maior renda, mais preocupados com aspectos ligados à saúde. Este fato tem promovido mudanças nas indústrias, nas relações entre fornecedores e demandantes, na logística da distribuição e na segmentação mercado e produtos. A indústria agroalimentar brasileira está vivendo um processo de profunda reestruturação, que é consequência do avanço das mudanças técnicas e organizacionais que teve início a partir da segunda metade dos anos 70 e que passam a moldar a atuação das empresas instaladas no Brasil (Belik 1994). Um exemplo disto é que, na safra 2002/03, o Brasil foi o maior produtor mundial, com uma safra recorde de 50,3 milhões de toneladas. O complexo-soja (grão, farelo e óleo) liderava, em 2002, o balanço

1. Universidade Norte do Paraná, Centro de Pesquisa em Ciência e Tecnologia do Leite. Av. Paris, 675, CEP 86041-140, Londrina, PR, Brasil.

2. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil.

*Autor para contato. E-mail: claguair@yahoo.com.br

comercial brasileiro, com um “superávit” de quase cinco bilhões de dólares por ano, com cerca de 2/3 da produção destinada ao mercado externo (Agrianual 2002). Atualmente, o Brasil tem uma produção esperada para 2007 de 56,7 milhões de toneladas, frente aos 52,2 milhões de toneladas de 2006 (FAO, 2007), o que representa um aumento de 8,5%. Segundo a Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe da Organização das Nações Unidas (CEPAL/ONU, 2007), para o mesmo período, as exportações brasileiras de grãos de soja atingiram cerca de 345 bilhões de dólares, muito embora isto represente um déficit de 1,7% em relação ao ano de 2006, quando foram arrecadados 351 bilhões de dólares.

O Brasil, recentemente, caracterizou-se por uma forte expansão de área plantada, rompendo com um padrão de crescimento agrícola, que foi baixo durante a década de 90. Isto se nota especialmente no caso da soja, que registrou um aumento na taxa média anual de crescimento da área plantada de 3,6%, no período 1990/91-2000/01, para nada menos do que 13,8%, entre 2000/01 e 2003/04 (Santos & Ferrari 2005).

De acordo com Grau *et al.* (2005), um número de características da soja tem feito desta oleaginosa uma cultura agrícola atrativa no contexto globalizado. A soja tem baixo conteúdo de água, alto valor nutritivo e a capacidade de produzir uma grande variedade de produtos para alimentação humana e animal, assim como óleo e derivados industriais. Para Kaimowitz & Smith (2001), estas características reduzem sua vulnerabilidade às flutuações de mercado, reduz os custos de estocagem e transporte, o que tem contribuído para sua rápida expansão. Além disso, o aumento na demanda mundial por soja tem resultado em aumento no investimento em pesquisa científica e desenvolvimento de tecnologias e novos produtos.

No Brasil, no entanto, não há um consumo generalizado da soja e a falta de produtos à base de soja com qualidade associada ao sabor característico, tem limitado sua aceitabilidade, mas esta situação está mudando face à disponibilidade de tecnologias que favorecem a melhora do sabor. Entre elas, estão o tratamento térmico dos grãos ou melhoramento genético para eliminação de lipoxigenase, responsável pelo desenvolvimento do sabor característico (Carrão-Panizzi 2001). Segundo Moraes (2001), sua popularização tem sido gradual e lenta, entretanto, devido à comprovação de seu potencial na prevenção e no tratamento da desnutrição, tem aumentado a aceitação dos produtos à base de soja. São oferecidos produtos de melhor qualidade, melhor sabor e características adequadas a cada população. Os americanos têm desenvolvido muitos produtos comercializados, tais como “tofu hot dog”, “tofu ice cream”, “veggie burger”, “tempeh burger”, “soymilk yogurt”, “soymilk cheese” ou “soy flour pancake”.

Em média, a composição protéica da soja é de 40%, além de conter carboidratos, ácidos graxos, vitaminas, cálcio, fósforo, ferro (Wolf & Cowan, 1971) e produtos secundários, como as isoflavonas (Maciel *et al.* 2002).

Portanto, é uma alternativa viável para auxiliar no problema da desnutrição, estimulando o consumo de produtos de soja que são fontes protéicas e nutritivas, econômicas e disponíveis no mercado (Pereira & Oliveira 2004).

Outro fator importante, que influencia a crescente demanda por soja, tem sido o aumento no consumo mundial de produtos cárneos, muitos dos quais utilizam farinha de soja em sua formulação. Na alimentação humana, a soja entra na composição de vários produtos embutidos, em chocolates, temperos para saladas, entre outros produtos. Na composição dos embutidos, aproveitam-se suas propriedades funcionais de reter líquido e emulsionar, como por exemplo, a proteína texturizada de soja, que apresenta um custo de aproximadamente 13% do custo da carne industrial, além de aumentar o teor protéico e diminuir o teor de gordura (Embrapa 2007).

A industrialização da soja no Brasil iniciou-se na década de 50, em pequenas empresas que se dedicavam ao esmagamento de outras oleaginosas, nos estados da região Sul e em São Paulo (Santos & Ferrari 2005). Desde então, inúmeros produtos à base de soja são obtidos e comercializados, no mundo e no Brasil.

PRODUTOS FERMENTADOS DE SOJA

O período Meiji, após mais de 250 anos de isolamento japonês sob domínio dos *shoguns* Tokugawa, passou por um dramático processo de modernização e introdução a nova ciência da microbiologia. Com isso, estudantes foram enviados ao exterior para adquirir conhecimento, bem como especialistas estrangeiros foram convidados para ensinamentos. Os primeiros emigrantes japoneses chegaram ao Hawaii em abril de 1868, levando centenas de barris de shoyu e miso, assim inaugurando a exportação destes produtos (Shurtleff & Aoyagi 2007).

Por séculos, diversas plantas e animais têm sido fermentados por bactérias, leveduras e fungos para obtenção de diferentes produtos alimentícios. Os tipos de microrganismos usados em fermentação tradicional são restritos a poucos gêneros, como *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Mucor*, *Actinomucor*, *Monascus*, *Saccharomyces*, *Neurospora*, *Acetobacter*, *Bacillus* e *Lactobacillus*. As principais vantagens da fermentação de alimentos em relação a outros processos são a formação de *flavor*, especialmente importante em dietas vegetarianas a base de arroz, e a prevenção de contaminações microbianas indesejáveis. *Shoyu* é o melhor exemplo de alimento oriental fermentado e é amplamente utilizado como agente flavorizante. No entanto, outros produtos alimentícios orientais, não tão conhecidos, são produzidos a partir da soja, tais como miso, natto, sufu e tempeh (Hesseltine & Wang 2004).

KOJI

Trata-se de uma fermentação resultante da inoculação de esporos e, conseqüentemente, desenvolvimento de um fungo filamentoso (principalmente, *Aspergillus oryzae*, *A. niger* e *A. sojae*) em cereais e leguminosas. O *koji* é

empregado em uma segunda fermentação como fonte de enzimas, que convertem amido em açúcares fermentescíveis e proteínas em peptídeos e aminoácidos, tornando esses nutrientes disponíveis ao microrganismo predominante, embora os processos de fabricação de *shoyu*, miso e saquê incluam a obtenção preliminar do *koji* (Shieh et al., 1982, Regitano-D'Arce 2006), que é obtido da inoculação do fungo no substrato cozido e resfriado a 35–40°C. O período de fermentação varia de 48 a 72 horas, quando ela é interrompida pela adição de 22,6% de cloreto de sódio, levando à concentração de 18% de sal no produto (Regitano-D'Arce 1982).

Opcionalmente, o farelo de soja pode ser utilizado após umedecimento e mistura com trigo torrado e triturado para cozimento a 121°C, por 45 min. A proporção da mistura adotada no Japão é de uma parte de farelo de soja para uma parte de trigo, enquanto na China pode variar até quatro para uma, muito embora, quanto maior a proporção de soja, menor é a qualidade do produto. A mistura com 26% de umidade é inoculada com esporos de um fungo filamentoso do gênero *Aspergillus*, incubados a 30°C por 24 horas e seguido, por dois dias, a 40°C (Regitano-D'Arce 2006).

Observa-se que as proteínas, os carboidratos e o óleo na soja são alterados por enzimas de *koji* e por microrganismos adicionados, produzindo substâncias que conferem sabor, na faixa de pH de 4,5 a 5,0 (Zangelmi et al. 1982).

SHOYU

Produto também conhecido como molho de soja, ou em chinês, *chian-yu*, é um dos mais importantes produtos fermentados da tradição oriental. É um líquido marrom escuro, obtido da fermentação de soja com trigo ou outro cereal ou amiláceo, de sabor salgado, com um característico e agradável aroma de extrato de carne, usado como flavorizante ou componente nutritivo em muitos pratos orientais do Japão, Coréias, China, Tailândia, Filipinas, Indonésia, Malásia ou Cingapura, para substituir o sal. Além disso, reforça o sabor e coloração de carnes, frutos do mar e vegetais (Sunao 2001, Regitano-D'Arce 2006).

Nos países ocidentais, é o alimento à base de soja mais conhecido e mais amplamente consumido. Sua produção iniciou-se na segunda metade do século XIX e foi extensivamente estudada por alemães e franceses, que encontraram grandes problemas em padronizar um nome para o produto. Em publicações alemãs, foi chamado, cronologicamente de *schoju* (1874), *bohnsauce* (1874), *shoyu* (1895), *shoyu sauce* (1897), *shoyusauce* (1899), *schoyu* (1905), *soja sauce* (1907), e *soja* (1912). Pelos franceses foi chamada de *soya* ou *la sauce de soya* (1776), *le soja* (1880), *shoyu* (1885), *sooju* (1888), *soyou* (1911), *chyouu* (1911), *shoyou* (1981) (Shurtleff & Aoyagi 2007).

Existem, basicamente, dois processos de obtenção do *shoyu*, ou seja, por fermentação natural e por hidrólise química. A fermentação natural é o método tradicional

que tem sido utilizado durante séculos. É um processo de fermentação que lembra a produção de cervejas e vinhos, e que também requer meses para ser concluído. Em outro método, mais recente e desenvolvido no século XX, o *shoyu* é obtido por hidrólise ácida. Ambos os produtos são tão diferentes quanto os processos para produzi-los e, conseqüentemente, a qualidade e o preço não se comparam sendo, no segundo caso, bastante inferiores (Shoyu 2002). A maior empresa no setor, a Kikkoman Co. (Chiba, Japão), é o principal produtor de *shoyu* no mundo, com uma intenção de expansão em sua planta de produção nos Estados Unidos (Lake Geneva, Wisconsin) de 95 milhões de litros para 129 milhões de litros.

A fabricação de *shoyu* por processos fermentativos, inicia-se com a obtenção do *koji* com partes iguais de farinha de soja desengordurada e trigo torrado e moído. A fermentação do *koji* é interrompida ao se adicionar salmoura a 20% à mistura que, quando homogeneizada, é denominada *moroni* (Regitano-D'Arce 1982). Outros microrganismos (*Lactobacillus delbrueckii*, *Aspergillus*, *Pediococcus*, *Torulopsis* e *Saccharomyces*) podem ser adicionados ao processo para promover fermentação láctica (Regitano-D'Arce 2006). Segundo Steinkraus (1983), as bactérias ácido-láticas desempenham um papel essencial na preservação e produção de uma alimentação, de baixo custo e pouco exigente de aquecimento, para as populações de todos continentes.

A fermentação do *moroni* dura de 8 a 12 meses, com agitação freqüente, para evitar o crescimento de microrganismos anaeróbicos. Um processamento mais rápido é obtido mantendo-se a temperatura em 15°C no primeiro mês, seguido por 28°C por quatro meses, terminando com 15°C por mais um mês. Ao final da fermentação, faz-se a prensagem ou filtração, da qual se obtém o *shoyu* bruto (líquido) e a torta. O *shoyu* bruto sofre pasteurização a 65–80°C e uma filtração, além da adição de conservantes, como o ácido *p*-hidroxibenzóico, para evitar o desenvolvimento de fermentações secundárias (Regitano-D'Arce 1982).

O produto final tem, em média, 1,5% de nitrogênio (60% é nitrogênio amino, consistindo em 40% a 50% de aminoácidos, com predominância do ácido glutâmico, 40% a 50% de peptídeos, 10% a 15% de amônia e menos que 1% de proteína), 4,4% de açúcares redutores, 18% a 20% de sal e subprodutos do desenvolvimento de microrganismos, como etanol (1,2%) e ácidos láctico, succínico e acético (Regitano-D'Arce 2006).

MISO

Miso é o nome japonês dado aos produtos pastosos obtidos por fermentação de cereais, soja e sal, com fungos, leveduras e bactérias. Produtos similares são feitos e consumidos em outras partes do Oriente. Cada nação tem seu próprio nome para os diversos tipos de produtos com algumas variações (Sunao 2001). Originalmente, o *miso* era conhecido como *misho* no Japão, mas também conhecido como *chiang* ou *jiang* na China, *jang* na Coréia, *taucho* na Indonésia, e *taotsi* nas Filipinas

(Regitano-D'Arce 2006). Literalmente, todos significam “pasta de soja”.

O *miso* é um produto rico em óleo e proteínas e altamente digestível (Zangelmi *et al.* 1982). Segundo Kodama (1924) e Regitano-D'Arce (1982), em geral, sua composição apresenta 2,7 a 11,7% de gordura, 14,7 a 28,9% de proteínas, e 5,2 a 22,8% de carboidratos, valores que variam de acordo com o tipo de processamento.

De acordo com Sunao (2001), tem a consistência de manteiga de amendoim e sua coloração varia de amarelo claro ao marrom avermelhado. Possui um aroma agradável e semelhante ao do molho de soja, sendo tipicamente salgado, embora o grau de salinidade possa variar (5,4–12,5%) (Kodama 1924, Regitano-D'Arce 1982) e alguns até apresentar um sabor adocicado. Há vários tipos de *miso*, diferindo em cor, tipo de cereal, as relações de soja para o cereal e o conteúdo de sal. O *miso* é normalmente usado como agente flavorizante no cozimento, ou ainda, como condimento em sopas, saladas ou consumidos com tofu (Regitano-D'Arce 1982).

De acordo com a matéria-prima, o *miso* pode ser classificado em três tipos: *miso* de arroz (arroz, soja e sal), *miso* de cevada (cevada, soja e sal) e *miso* de soja (soja e sal) (Sunao 2001). *Miso* de arroz e de cevada são também classificados em doce, medianamente salgado e salgado, dependendo da quantidade de sal e arroz ou cevada utilizada. O *miso* é também classificado de acordo com a cor, por exemplo, branca, amarelo claro e vermelha, e pelo local de produção (Miso Sendai, Shinshu, Sado, Saikyo e Hattcho). De maneira geral, quanto mais escuro for o produto, mais forte será o sabor. O tipo mais popular é o *miso* de arroz (aproximadamente 80% da produção do Japão) (Zangelmi *et al.* 1982).

O processo de produção do *miso* de arroz, geralmente, consiste no cozimento da soja, preparação do *koji*, mistura de soja cozida com *koji* de arroz e sal, fermentação e amadurecimento em um tanque, nova mistura, pasteurização e, finalmente, o empacotamento (Sunao 2001). As características dos três tipos de *miso* de arroz, em relação à condição de fermentação, estão apresentadas na Tabela 1.

NATTO

Natto é um dos mais tradicionais produtos fermenta-

dos, originários da região norte do Japão, há mais de 1000 anos, onde há três tipos de *natto* (“*itohiki natto*”, “*hamanatto*” e “*yukiwari-natto*”) (Kiuchi *et al.* 1976). Produtos semelhantes são conhecidos pelos chineses, como *tou-shi* ou *tu-si*, pelos indianos orientais, como *tao-tjo*, e pelos filipinos, como *tao-si* (Sunao 2001).

À soja macerada, fervida e resfriada, é adicionado o inóculo de uma bactéria variante de *Bacillus subtilis*, ou seja, *Bacillus natto*. A temperatura de fermentação pode atingir entre 40–45°C, porém a fermentação é curta, durando de 16 a 20 h. Ao se desenvolver, a bactéria recobre os grãos macerados e cozidos de soja com um filme viscoso, que consiste em ácido glutâmico, que forma filamentos longos pelo manuseio, sendo que a qualidade do *natto* está diretamente relacionada com o comprimento desses filamentos. O *natto* é utilizado na mistura com arroz ou no tempero de outros pratos. Sua composição compreende 25,7% de proteína, 11,4% de gordura, 5,2% de carboidratos e 2,3% de minerais (Standal 1963, Kiuchi *et al.* 1976, Regitano-D'Arce 1982, Regitano-D'Arce 2006). A cor, aroma e sabor desses produtos variam, dependendo do microrganismo usado para fermentar a soja e, consequentemente, sua composição química (Sunao 2001, Zangelmi *et al.* 1982).

Produtos à base de *natto* geralmente têm cor escura, tendo um aroma penetrante e agradável, e sabor adstringente, devido ao seu nível relativamente elevado de ácidos graxos livres. *Natto* possui alta digestibilidade, devido à hidrólise parcial das proteínas da soja. Recentes pesquisas indicam que o teor de vitamina B₂ aumenta durante o processo de fermentação. Os teores lipídicos são de 2,5, 10,9 e 6,4% para *itohiki*, *yukiwari* e *hamanatto*, respectivamente. O teor de ácidos graxos livres do *natto* é de 12% em base úmida (Zangelmi *et al.* 1982, Sunao 2001).

Itohiki-natto é produzido em grande quantidade no leste japonês e é conhecido simplesmente como *natto*. *Hamanatto* é um alimento obtido por fermentação utilizando-se espécies de *Aspergillus* e tem gosto semelhante ao *miso* de soja. Esse produto pertence à categoria de *shih* e *shoyu*. A produção de *hamanatto* é muito limitada, porque é produzido somente em determinadas localidades, como na vizinhança de Hamamatsu (Shizuoka, Japão). Por outro lado, o *itohiki-natto* é muito popular e produzido

Tabela 1. Características de *miso* de arroz em relação ao processo de fermentação (Adaptado de Sunao 2001).

Produto	Miso branco	Miso salgado Amarelo claro	Miso salgado Vermelho
Processo de fermentação			
Soja:Arroz:Sal	100:200:35	100:60:45	100:50:48
Tempo de fermentação	2–4 dias	30 dias	60 dias
Temperatura	50°C	30–35°C	30–35°C
Características			
Cor	Amarelo claro	Amarelo claro	Vermelho amarelado
Sabor	Muito doce	Salgado	Salgado
Cloreto de sódio (%)	5	12–13	12,5–13,5
Umidade (%)	43	48	50
Proteína (%)	8	10	12
Açúcar (%)	20	13	11
Vida de prateleira	Curta	Razoável	Longa

em larga escala, principalmente nos arredores de Tóquio e leste japonês. Por isso, a palavra *natto* geralmente significa *itohiki-natô*. Um terceiro tipo de soja fermentada produzida no Japão é conhecido por *yukiwari-natô*. Esse produto é feito misturando *itohiki-natô* com sal e *koji* de arroz e agitado à temperatura de 25–30°C, por duas semanas. Como ocorre com o molho de soja e *miso*, o fungo escolhido para preparar o *koji* de arroz é o *Aspergillus oryzae* (Kiuchi *et al.* 1976, Sunao 2001).

TEMPEH

Tempeh é um alimento fermentado de soja tradicional na Indonésia, o qual tem despertado interesse dentre os alimentos fermentados de soja, devido ao seu valor nutritivo e funções regulatórias do metabolismo (Astuti *et al.* 2000, Nakajima *et al.* 2005). Trata-se de um produto fermentado, muito consumido nas Filipinas e na Malásia, não sendo comumente encontrado no Japão (Hachmeister & Fung 1993, Morais *et al.* 1996). Obtido de grãos de soja fervidos por 30 min, são descascados manualmente, macerados durante uma noite, e novamente cozidos por 60 min. Em seguida, os grãos são drenados, resfriados e inoculados com *Rhizopus oligosporus*, ou ainda, com inóculo de um lote anterior, a 37°C, por cerca de 24 h. Caso seja adotado o processo original, mantém-se à temperatura ambiente, por um a dois dias. Com o desenvolvimento do fungo, o micélio se desenvolve envolvendo o grão, dando ao produto o aspecto de uma massa branca compacta. Esta massa pode ser cortada em pedaços pequenos que são fritos ou consumidos em sopas (Jurus & Sundberg 1976, Regitano-D'Arce 1982, Nakajima *et al.* 2005). O conteúdo de oligossacarídeos (sacarose, rafinose e estaquiase) reduzem durante o processo fermentativo, conforme observado por Suparmo & Markakis (1987). É um produto muito agradável, de alto coeficiente de digestibilidade e com cerca de 18% de proteína, 13% de carboidratos, 4% de lipídeos e 64% de umidade (Winarno 1991).

Uma função importante do fungo no processo fermentativo é a síntese de enzimas, as quais hidrolisam os constituintes da soja e contribuem para o desenvolvimento de uma textura desejável e aroma do produto (Hachmeister & Fung 1993). Outro fator importante que tem sido reportado na produção de *tempeh* é seu grande conteúdo nutricional como, por exemplo, quanto ao teor de vitamina B₁₂ e efeito antioxidante do óleo obtido de *tempeh*, o qual exerce maior atividade antioxidante que o óleo obtido de soja não-fermentada (György *et al.* 1964, Esaki *et al.* 1999). Nakajima *et al.* (2005) e Aoki *et al.* (2003) tem ressaltado a grande importância do *tempeh* na produção de ácido gama-aminobutírico (GABA), mas também no alto teor de isoflavonas presentes, principalmente na forma aglicona, as quais apresentam alta atividade biológica, como antioxidante (Park *et al.* 2001, Hoppe *et al.* 1997). Devido às isoflavonas agliconas, que são abundantes no cotilédono da soja, os produtos fermentados de soja normalmente apresentam

funções similares ao estrógeno, aliviando os sintomas de osteoporose pós-menopausa (Tsuchida *et al.* 1999, Astuti *et al.* 2000).

Aparentemente, os benefícios à saúde associados ao consumo de *tempeh*, têm sido a proteção contra doenças cardiovasculares, certos tipos de câncer (mama e próstata) e atenuador dos efeitos da menopausa (Astuti *et al.* 2000), bem como a produção de bacteriocinas a partir de bactérias ácido-láticas desenvolvidas em *tempeh* (Moreno *et al.* 2002).

ATIVIDADES BIOLÓGICAS NOS PRODUTOS FERMENTADOS

Os produtos de soja apresentam atividades biológicas, como por exemplo, a ação das isoflavonas contra a peroxidação lipídica pela suas atividades antioxidantes. Além disso, foi reportado que a atividade antioxidante de isoflavonas agliconas foram superiores àquelas de glicosiladas (Onozawa *et al.* 1998). As isoflavonas glicosiladas podem ser transformados, por processos enzimáticos, em agliconas como daidzeína e genisteína, cujas atividades antioxidantes têm sido superiores às das formas glicosiladas (Park *et al.* 2001). Muitos trabalhos reportaram que os fatores que influenciam na atividade antioxidante de flavonóides seriam a ausência de ligações duplas nas posições 2 e 3, bem como na posição 4-oxo do núcleo da isoflavona. No entanto, a posição das hidroxilas na estrutura do flavonóide seria a maior responsável pela capacidade de sequestrar radicais livres (Fig. 1) (Cuppert *et al.* 1997, Pietta 2000).

Esaki *et al.* (1999) afirmaram que um complexo antioxidante (6-hidroxidaidzeína, 8-hidroxidaidzeína e 8-hidroxygenisteína) foi isolado de grãos de soja fermentada com *Aspergillus saitoi* e *Aspergillus oryzae*. Estas isoflavonas, as quais possuem uma estrutura *o*-dihidroxil entre as posições 7 e 8 ou posições 7 e 6, foram obtidas de daidzeína e genisteína, respectivamente, por reação de hidroxilação durante o processo fermentativo. De forma similar, György *et al.* (1964) identificaram uma isoflavona trihidroxilada (6,7,4'-trihidroxiisoflavona) em “tempeh”, que apresentava significativa atividade antioxidante.

Antioxidantes em frutas e hortaliças são um dos fatores que contribuem para a prevenção do câncer. De acordo com o AICR (*American Institute of Cancer Research*), dietas contendo quantidades variadas de hortaliças e frutas preveniriam mais de 20% dos casos de câncer. No entanto, a atividade antitumoral não é apresentada por todos flavonóides. Soja contém diversos compostos fitoquímicos, alguns dos quais apresentou em estudos epidemiológicos e experimentais, atividade antitumoral. Estes efeitos anticancerígenos da soja são associados ao elevado teor de isoflavonas (Ohr 2002). Isoflavonas são conhecidas por sua atividade antitumoral (principalmente mama e próstata), muito embora os mecanismos pelos quais as isoflavonas inibam a carcinogênese não sejam conhecidos (Shertzer *et al.* 1999), seus efeitos podem

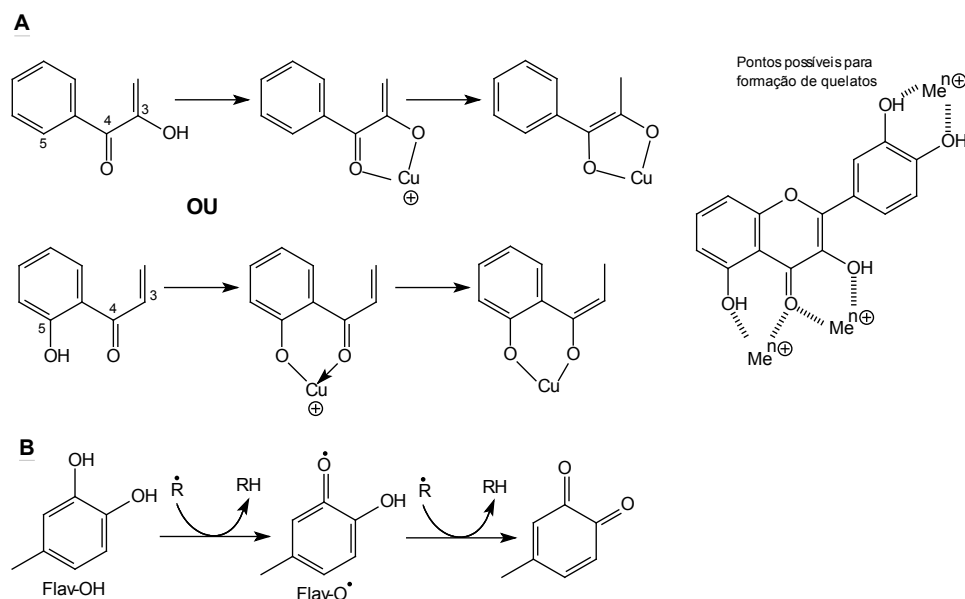


Figura 1. Atividade antioxidante de flavonóides a partir de mecanismos de formação de quelatos metálicos (A) e pelo seqüestro de radicais livres (B) (Cuppett *et al.* 1997, Pietta 2000).

estar relacionados à inibição de enzimas, como a to-poisomerase II (Skibola & Smith 2000). As isoflavonas ainda interferem na ação da S6-quinase ribossomal, fosfoinositídeo 3-quinase (PI 3-quinase) e proteína quinase C (PKC), enzimas ligadas ao ciclo, diferenciação e proliferação das células (Gamet-Payraastre *et al.* 1999). Genisteína (produzida da hidrólise enzimática de genistina), em particular, é um potente inibidor da tirosina quinase. A inibição destas enzimas resultaria na proteção contra diversos cânceres do intestino, próstata e mama (Matsuda *et al.* 1994).

A propriedade estrogênica das isoflavonas, segundo Han *et al.* (2001), decorre da interação com os receptores de estrogênios. Estudos demonstraram que a genisteína tem afinidade por receptores de estrogênio de 100 a 1000 vezes superior ao 17 β estradiol, sendo que a genisteína tem de 5 a 20 vezes maior afinidade pelos receptores β (ER β) do que receptores α (ER α). Esta maior afinidade pelos ER β sugere que as isoflavonas podem ter efeito seletivo por alguns tipos de tecidos (Messina 2000) e, por outro lado, a estrutura do fitoestrógeno está intimamente ligada a esta afinidade pelos receptores. O mesmo ocorre com a daidzeína, que também apresenta considerável afinidade pelos ER (Miksicek 1995). Kuiper *et al.* (1997)

Tabela 2. Afinidade relativa de vários compostos aos receptores ER α e ER β (Kuiper *et al.* 1997).

Compostos	ER α	ER β
17 β Estradiol	100	100
Estrona	60	37
Estriol	14	21
Progesterona	< 0,001	< 0,001
Testosterona	< 0,01	< 0,01
Coumestrol	94	185
Genisteína	5	36
β Sitosterol	< 0,001	< 0,001
Tamoxifeno	7	6

descreveram as afinidades relativas de vários compostos com os receptores ER β e ER α humanos (Tab. 2).

Os receptores ER α são denominados receptores clássicos, ao passo que os receptores ER β somente há poucos anos foram descritos e caracterizados (Mosselman *et al.* 1996), sendo encontrados no cérebro, ossos, bexiga e epitélio vascular, tecidos que estão intimamente ligados à terapia de reposição hormonal. Em outros tecidos, como mamários, uterinos, ovarianos, próstáticos e pulmonares, também foram encontrados receptores ER β (Setchell & Cassidy 1999).

Algumas constatações têm sido feitas por Picherit *et al.* (2000) de que a genisteína e a daidzeína são efetivas na prevenção da perda óssea e que, embora a incidência das ondas de calor em mulheres asiáticas foi menor que em mulheres ocidentais, Greenwood *et al.* (2000) expõem que existem dados inadequados na avaliação dos efeitos benéficos das isoflavonas sobre o câncer de mama, a perda de cálcio e a secura vaginal.

Apesar dos efeitos na saúde humana não poderem ser claramente atribuídos as isoflavonas agliconas, é nítido que alimentos ou suplementos contendo isoflavonas têm algum efeito fisiológico. Van der Schouw *et al.* (2000) e Setchell & Cassidy (1999), de forma complementar, avaliaram os benefícios e riscos cardiovasculares associados a fitoestrógenos (isoflavonas, coumestanas e lignanas), e notaram que estes compostos desempenham atividade similar a do 17 β estradiol, visto que com base na estrutura química destes fitoestrógenos, não é surpreendente que estes possam exercer funções estrogênicas, ligando-se aos receptores ER β (Fig. 2).

AÇÚCARES NOS PRODUTOS FERMENTADOS DA SOJA

A soja possui carboidratos com teor mais elevado

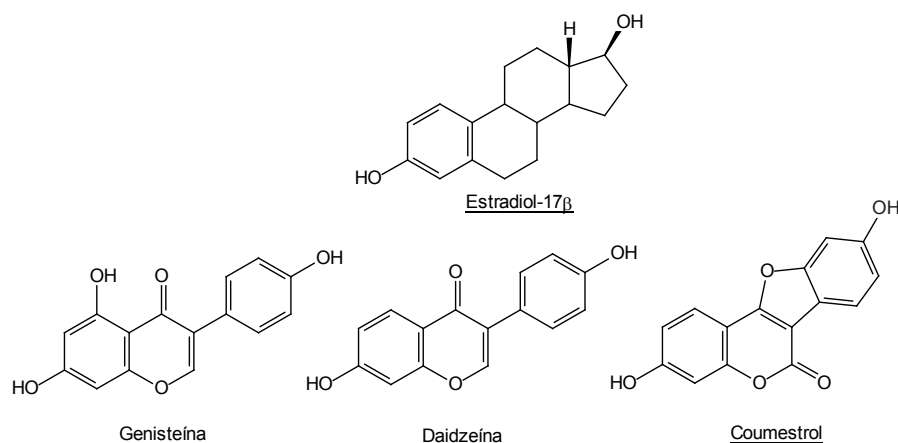


Figura 2. Fórmulas estruturais de fitoestrógenos e do 17β-estradiol (Tikkanen & Adlercreutz 2000).

na casca e oligossacarídeos (estaquiose e rafinose) que podem ser hidrolisados pelas enzimas invertase e α -galactosidase. Porém, em razão da ausência de α -galactosidase no trato gastrointestinal humano, os oligossacarídeos acumulam-se nessa região, sofrendo fermentação por bactérias anaeróbicas (principalmente por *Clostridium perfringens*), causando flatulência (Manzanares *et al.* 1998, Ruiz *et al.* 2005). Esta pode ser acompanhada de diarreias, dores de cabeça, confusão mental e diminuição da capacidade de concentração (Sanni *et al.* 1997). Estes distúrbios gastrointestinais contribuem para o baixo consumo da soja, um alimento rico em proteínas (38%, m.s.) (Porter *et al.* 1992, De Reu *et al.* 1997). A rafinose e a estaquiose (Eskin *et al.* 1989, Mulimani & Ramalingan 1997) estão presentes em quantidades significativas na soja (100 a 150 g/kg de peso) (De Reu *et al.* 1997).

Esses oligossacarídeos, no entanto, podem ser reduzidos com a maceração e cozimento dos grãos. Outros métodos são usados na redução destes oligossacarídeos, tais como a hidratação dos grãos, a germinação, o cozimento, bem como a fermentação e/ou tratamento enzimático. Entre estes, o tratamento enzimático tem sido o mais indicado, pela sua especificidade e condições brandas de processamento (Góes & Ribeiro 2002). Oliveira *et al.* (2005) observaram elevada atividade de α -galactosidase em soja, que foi capaz de hidrolisar estaquiose e rafinose, com atividades enzimáticas de 0,16 e 0,12 mM/mg.min, respectivamente, para cada oligossacarídeo. A α -galactosidase microbiana ou vegetal pode ser empregada em alimentos de soja para reduzir a interação da flora intestinal com os oligossacarídeos, diminuindo assim a flatulência (Góes & Ribeiro 2002). A α -D-galactosídeo-galactohidrolase (EC. 3.2.1.22), conhecida como melibiase, catalisa a hidrólise de ligações α -(1,6)-galactosídicas, liberando a α -galactose. Estas ligações também são encontradas em oligossacarídeos como a melibiose.

Sakai *et al.* (1987), em estudos com *Bifidobacterium breve* em leite de soja, observaram redução de rafinose e estaquiose, sendo a atividade máxima da enzima a 50°C e pH 5,0. Estas condições assemelham-se às descritas para a enzima produzida por *Bifidobacterium longum* e *Lactobacillus fermentum*. Segundo Góes & Ribeiro

(2002), a adição de íons Hg^{2+} inibe a atividade enzimática, provavelmente devido à presença de grupos tiol. Cruz *et al.* (1981) utilizaram *Saccharomyces cerevisiae* para fermentar a soja, modificando seu teor de açúcares, para que *Cladosporium cladosporioides* pudesse produzir α -galactosidase e hidrolisar tais oligossacarídeos, proporcionando redução de 50% nos níveis dos oligossacarídeos. Somiari & Balogh (1992) observaram que α -galactosidase produzida por *Aspergillus niger* reduziu os teores de estaquiose e rafinose de feijão em 82% e 95%, respectivamente. Entretanto, a hidrólise completa de galactooligossacarídeos da soja somente é alcançada pela ação conjunta da α -galactosidase (rompe ligações galactose-sacarose) e β -frutofuranosidase (hidrolisa ligações frutose-glicose da sacarose) (Góes & Ribeiro 2002).

Outras fontes de α -galactosidase têm sido relatadas na literatura, como de guar, a qual tem se mostrado ser mais efetiva na redução de oligossacarídeos da soja em relação às enzimas de origem microbiana (Shivanna *et al.* 1989, Mulimani & Ramalingan 1997).

CONCLUSÃO

Produtos fermentados de soja apresentam atividades biológicas, em função do aumento das concentrações de isoflavonas agliconas e da redução dos oligossacarídeos em açúcares simples. Logo, a partir dos fatos relatados na presente revisão, conclui-se que os processos fermentativos aos quais a soja ou seus produtos são submetidos promovem benefícios, tanto do ponto de vista tecnológico e sensorial, bem como no que se refere às atividades biológicas, como atividade antioxidante. A atividade antioxidante está associada à prevenção de diversas doenças, entre outras atividades fisiológicas; sendo inúmeros os benefícios atingidos por uma dieta à base de soja fermentada.

REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL. 2002. São Paulo: FNP. 435 p.
AOKI, H.; UDA, I.; TAGAMI, K.; FURUYA, Y.; ENDO, Y.; FUJIMOTO,

- K. 2003. The production of a new tempeh-like fermented soybean containing a high level of gamma-aminobutyric acid by anaerobic incubation with *Rhizopus*. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 67(5): 1018-1023.
- ASTUTI, M.; MELIALA, A.; DALAIS, F. S.; WAHLQVIST, M. L. 2000. Tempe, a nutritious and healthy food from Indonesia. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 9(4): 322-325.
- BELIK, W. 1994. Agroindústria e reestruturação industrial no Brasil: elementos para uma avaliação. *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, 11 (1/3): 58-75.
- BRANDÃO, A. S. P.; REZENDE, G. C.; MARQUES, R. W. C. 2006. Crescimento agrícola no período 1999/2004: a explosão da soja e da pecuária bovina e seu impacto sobre o meio ambiente. *Economia Aplicada*, 10(2): 249-266.
- CARRÃO-PANIZZI, M. C. 2001. Apresentação. *Documentos da Embrapa*, 169: 6-7.
- CEPAL. 2007. *Balance preliminar de las economías de América Latina e el Caribe*. Santiago do Chile: Nation Union. 180 p.
- CRUZ, R.; BATISTELA, J. C.; WOSIACKI, G. 1981. Microbial α -galactosidase for soymilk processing. *Journal of Food Science*, 46(4): 1196-1200.
- CUPPETT, S.; SCHNEPF, M.; HALL, C. 1997. *Natural antioxidants: are they a reality?* In: SHAHIDI, F. (Ed.). *Natural antioxidants chemistry, health effects, and applications*. Champaign: AOCS Press, 13-24.
- DE REU, J. C.; LINSSEN, V. A. J. M.; ROMBOUTS, F. M.; ROBERT NOUT, M. J. 1997. Consistency, polysaccharidase activities and non-starch polysaccharides content of soya beans during tempe fermentation. *Journal of the Science and Food Agriculture*, 73(3): 357-363.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Usos da soja. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=25&cod_pai=29>. Acesso em: 3 abr 2007.
- ESAKI, H.; WATANABE, R.; ONOZAKI, H.; KAWAKISHI, S.; OSAWA, T. 1999. Formation mechanism for potent antioxidative O-dihydroxyisoflavones in soybeans fermented with *Aspergillus saitoi*. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 63(5): 851-858.
- ESKIN, N. A. M.; JOHNSON, M. S.; VAISEY-GENSER, M.; MCDONALD, B. E. 1989. A study of oligosaccharides in a select group of legumes. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 13(1): 40-42.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567>>. Acesso em: 26 mar 2007.
- FUKUSHIMA, D. Recent progress in research and technology on soybeans. 2001. *Food Science and Technology Research*, 7(1): 8-16.
- FUKUSHIMA, D.; HASHIMOTO, H. 1980. *Oriental soybean foods*. In: *Processing of World Soybean Research Conference*, Colorado: Westview Press, p. 729-743.
- GAMET-PAYRASTRE, L.; MANENTI, S.; GRATACAP, M. P.; TULLIEZ, J.; CHAP, H.; PAYRASTRE, B. 1999. Flavonoids and the inhibition of PKC and PI 3-kinase – inhibition of mRNA expression of an endogenous tumor promoter TNF. *General Pharmacology*, 32(3): 279-286.
- GARCIA, E. S. Biodiversidade, biotecnologia e saúde. 1995. *Cadernos de Saúde Pública*, 11(3): 491-494.
- GÓES, S. P.; RIBEIRO, M. L. L. 2002. Alfa-galactosidase: general aspects and its application on soybean oligosaccharides. *Semina*, 23(1): 111-119.
- GRAU, H. R.; AIDE, T. M.; GASPARRI, N. I. 2005. Globalization and soybean expansion into semiarid ecosystems of Argentina. *Ambio*, 34 (3): 265-266.
- GREENWOOD, S.; BARNES, S.; CLARKSON, T. B.; EDEN, J.; HELFERICH, W. G.; HUGHES, C.; MESSINA, M.; SETCHELL, K. D. R. 2000. The role of isoflavones in menopausal health: consensus opinion of the North American Menopause Society. *Journal of the North American Menopause Society*, 7(4): 215-229.
- GYÖRGY, P.; MURATA, K.; IKEHATA, H. 1964. Antioxidants isolated from fermented soybeans (tempeh). *Nature*, 203(22): 870-872.
- HACHMEISTER, K. A.; FUNG, D. Y. 1993. Tempeh: a mold-modified indigenous fermented food made from soybeans and/or cereal grains. *Critical Reviews in Microbiology*, 19(3): 137-188.
- HAN, K. K.; KATI, L. M.; HAIDAR, M. A.; GIRÃO, M. J. B. C.; BARACAT, E. C.; YIM, D. K.; CARRÃO-PANIZZI, M. C. 2001. Efeito de isoflavona sobre os sintomas da síndrome de climatério. *Documentos da Embrapa*, 169: 28-32.
- HESELTEINE, C. W.; WANG, H. L. 2004. Traditional fermented foods. *Biotechnology and Bioengineering*, 9(3): 275-278.
- HOPPE MB, HEM-CHANDRA JHA, EGGE H. 1997. Structure of an antioxidant from fermented soybeans (Tempeh). *JAOCs*, 74(4): 477-479.
- JURUS, A. M.; SUNDBERG, W. J. 1976. Penetration of *Rhizopus oligosporus* into soybeans in tempeh. *Applied and Environmental Microbiology*, 32(2): 284-287.
- KAIMOWITZ, D.; SMITH, J. 2001. *Soybean technology and the loss of natural vegetation in Brazil and Bolivia*. In: ANGELSEN, A.; KAIMOWITZ, D. (Ed.). *Agricultural technologies and tropical deforestation*. Wallingford: CABI Publishing, 195-211.
- KIUCHI, K.; OHTA, T.; ITOH, H.; TAKABAYASHI, T.; EBINE, H. 1976. Studies of lipids of natto. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 24(2): 404-407.
- KODAMA, R. 1924. Nature of the oil of soy bean miso. *Industrial Engineering Chemistry*, 16(5): 523.
- KUIPER, G.; CARLSSON, B.; GRANDIEN, K.; ENMARK, E.; HAGGBLAD, J.; NILSSON, S.; GUSTAFSSON, J. 1997. Comparison of the ligand binding specificity and transcript tissue distribution of estrogen receptors α and β . *Endocrinology*, 138 (3): 863-870.
- MACIEL, M. A.; PINTO, A. C.; VEIGA, V. F.; GRYNBERG, N. F.; ECHEVARRIA, A. 2002. Plantas medicinais: a necessidade de estudos multidisciplinares. *Química Nova*, 25(3): 429-438.
- MANZANARES, P.; GRAAFF, L. H.; VISSER, J. 1998. Characterization of galactosidases from *Aspergillus niger*: purification of a novel α -galactosidase activity. *Enzyme and Microbial Technology*, 22(5): 383-390.
- MATSUDA, S.; MIYAZAKI, T.; MATSUMOTO, Y.; OHBA, R.; TERAMOTO, Y.; OHTA, N.; UEDA, S. 1994. Hydrolysis of isoflavones in soybean cooked syrup by *Lactobacillus casei* subsp. *rhamnosus* IFO 3425. *Journal of Fermentation Bioengineering*, 74(5): 301-304.
- MESSINA, M. 2000. Soyfoods and soybean phyto-oestrogens (isoflavones) as possible alternatives to hormone replacement therapy (HRT). *European Journal of Cancer*, 36(s4): 71-72.
- MIKSICEK, R. J. 1995. Estrogenic flavonoids: structural requirements for biological activity. *Proceeding of the Society of Experimental Biology and Medicine*, 208(1): 44-50.
- MORAIS, A. A. C. 2001. Usos da soja em medicina. *Documentos da Embrapa*, 169: 15-18.
- MORAIS, A. A. C.; SILVA, A. L.; AMABILE, R. F. 1996. *Histórico da soja*. In: MORAIS, A. A. C., SILVA, A. L. (Ed.). *Soja: suas aplicações*. Rio de Janeiro: MEDSI, 1-12.
- MORENO, M. R. F.; LEISNER, J. J.; TEE, L. K.; LEY, C.; RADU, S.; RUSUL, G.; VANCANNEY, M.; VUYST, L. D. 2002. Microbial analysis of Malaysian tempeh, and characterization of two bacteriocins produced by isolates of *Enterococcus faecium*. *Journal of Applied Microbiology*, 92(1): 147-157.
- MOSELMAN, S.; POLMAN, J.; DIJEMA, R. 1996. ER β : identification and characterization of a novel human estrogen receptor. *FEBS Letters*, 392(1): 49-53.
- MULIMANI, V. H.; RAMALINGAN. 1997. Enzymatic degradation of raffinose family sugars in chickpea flour. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 13(5): 583-585.
- NAKAJIMA, N.; NOZAKI, N.; ISHIHARA, K.; ISHIKAWA, A.; TSUJI, H. 2005. Analysis of isoflavone content in Tempeh, a fermented soybean, and preparation of a new isoflavone-enriched tempeh. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 100(6): 685-687.

- OHR, L. M. 2002. A growing arsenal against cancer. *Food Technology*, 56(7): 67-71.
- OLIVEIRA, G.; GUIMARÃES, V. M.; BORGES, E. E. L.; FIALHO, L. S.; OLIVEIRA, M. G. A.; REZENDE, S. T. 2005. Purificação e caracterização de α -galactosidases de sementes de *Platymiscium pubescens* Micheli. *Revista Árvore*, 29(4): 535-43.
- ONOZAWA, M.; FUKUDA, K.; OHTANI, M.; AKAZA, H.; SUGIMURA, T.; WAKABAYASHI, K. 1998. Effects of soybean isoflavones on cell growth and apoptosis of the human prostatic cancer cell line LNCaP. *Japanese Journal of Clinical Oncology*, 28(6): 360-363.
- PARK, Y. K.; ALENCAR, S. M.; NERY, I. A.; AGUIAR, C. L.; SATO, H. H. 2001. Enrichment of isoflavone aglycones in extracted soybean isoflavones by heat and fungal beta-glucosidase. *Food Science and Industry*, 34(4): 14-19.
- PEREIRA, C. A. S.; OLIVEIRA, F. B. 2004. *Soja, alimento e saúde: valor nutricional e preparo*. Viçosa: UFV. 102 p.
- PICHERIT, C.; COXAM, V.; BENNETAU-PELISSERO, C.; KATICOULIBALY, S.; DAVICCO, M. J.; LEBECQUE, P.; BARLET, J. P. 2000. Daidzein is more efficient than genistein in preventing ovariectomy-induced bone loss in rats. *Journal of Nutrition*, 130(7): 1675-1681.
- PIETTA, P. G. 2000. Flavonoids as antioxidants. *Journal of Natural Products*, 63(7): 1035-1042.
- PORTER, J. E.; SARIKAYA, A.; HERMANN, K. M.; LADISCH, M. R. 1992 Effect of pH on subunit association and heat protection of soybean α -galactosidase. *Enzyme and Microbial Technology*, 14(8): 609-613.
- REGITANO-D'ARCE, M. A. B. 2006. *Produtos protéicos de soja*. In: OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. (Ed.). *Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos*. Barueri: Manole, 355-402.
- REGITANO-D'ARCE, M. A. B. 1982. *Tecnologia da transformação*. In: CÂMARA, G. M. S.; GODOY, O. P.; MARCOS-FILHO, J.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B. (Ed.). *Soja: produção, pré-processamento e transformação agroindustrial*. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 53-99. (Série de Extensão Agroindustrial, 7).
- RUIZ, A.; ACOSTA, M.; CISNEROS, F. 1995. Utilización de enzimas en los procesos de obtención de leche y derivados de la soja. *Alimentaria*, 263: 127-132.
- SAKAI, K.; TACHIKI, T.; KUMAGAI, H.; TOCHIKURA, T. 1987. Hydrolysis of α -D-Galactosyl Oligosaccharides in Soymilk by α -D-Galactosidase of *Bifidobacterium breve* 203. *Agricultural and Biological Chemistry*, 51(2): 315-322.
- SANNI, A. I.; ONILUDE, A. A.; OGUNDOYE, O. R. 1997. Effect of bacterial galactosidase treatment on the nutritional status of soybean seeds and its milk derivative. *Nahrung*, 41(1): 18-21.
- SANTOS, R. D.; FERRARI, R. A. 2005. Extração aquosa enzimática de óleo de soja. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 25(1): 132-138.
- SETCHELL, K. D. R.; CASSIDY, A. 1999. Dietary isoflavones: biological effects and relevance to human health. *Journal of Nutrition*, 129(3): 758-767.
- SHERTZER, H. G.; PUGA, A.; CHANG, C. Y.; SMITH, P.; NEBERT, D. W.; SETCHELL, K. D. R.; DALTON, T. P. 1999. Inhibition of CYP1A1 enzyme activity in mouse hepatoma cell culture by soybean isoflavones. *Chemistry and Biology Interaction*, 123(1): 31-49.
- SHIEH, Y. S. C.; BEUCHAT, L. R.; WORTHINGTON, R. E.; PHILLIPS, R. D. 1982. Physical and chemical changes in fermented peanut and soybean pastes containing kojis prepared using *Aspergillus oryzae* and *Rhizopus oligosporus*. *Journal of Food Science*, 47(2): 523-529.
- SHIVANNA, B. D.; RAMAKRISHNA, M.; RAMADOSS, C. S. 1989. Enzymic hydrolysis of raffinose and stachyose in soybean milk by α -galactosidase from germinating guar (*Cyamopsis tetragonolobus*). *Process Biochemistry*, 24: 197-201.
- SHOYU um ingrediente milenar. 2002. *Aditivos Ingredientes*, 20: 28-40.
- SHURTLEFF, W.; AOYAGI, A. *History of soy sauce, shoyu, and tamari: a special report on the history of traditional fermented soyfoods*. Disponível em: <http://www.soyfoodscenter.com/HSS/soy_sauce1.php>. Acesso em: 18 maio 2007.
- SKIBOLA, C. F.; SMITH, M. T. 2000. Potential health impacts of excessive flavonoid intake. *Free Radicals and Biological Medicine*, 29(3/4): 375-383.
- SOMIARI, R. I.; BALOGH, E. 1992. Hydrolysis of raffinose and stachyose in cowpea (*Vigna unguiculata*) flour, using α -galactosidase from *Aspergillus niger*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 8(6): 564-566.
- STANDAL, B. R. 1963. Nutritional value of proteins of Oriental soybean foods. *Journal of Nutrition*, 81(3): 279-285.
- STEINKRAUS, K. H. 1983. Lactic acid fermentation in the production of foods from vegetables, cereals and legumes. *Antonie van Leeuwenhoek*, 49(3): 337-348.
- SUNAO, S. 2001. Alimentos orientais. In: AQUARONE, E.; SCHMIDELL, W.; LIMA, U. A. (Ed.). *Biotechnology Industrial: biotecnologia na produção de alimentos*. São Paulo: Edgard Blücher, 465-489.
- SUPARMO, J.; MARKAKIS, P. 1987. Tempeh prepared from germinated soybeans. *Journal of Food Science*, 52(6): 1736-1737.
- TIKKANEN M, ADLERCREUTZ, H. 2000. Dietary soy-derived isoflavone phytoestrogens. *Biochemistry Pharmacology*, 60(1): 1-5.
- TSUCHIDA, K.; MIZUSHIMA, S.; TOBA, M.; SODA, K. 1999. Dietary soybeans intake and bone mineral density among 995 middleage women in Yokohama. *Journal of Epidemiology*, 14(9): 14-19.
- VAN DER SCHOUW, Y. T.; DE KLEIJN, M. J. J.; PEETERS, P. H. M.; GROBBEE, D. E. 2000. Phyto-oestrogens and cardiovascular disease risk. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 10(3): 154-167.
- WINARNO, F. G. 1991. Production and utilization of tempeh in Indonesian foods. *Journal of the American Dietetic Association*, 91(7): 828-835.
- WOLF, W. D.; COWAN, J. C. 1971. *Soybean as a protein source*. London: Butterworth, 150 p.
- ZANGELMI, A. C. B.; TAGLIOLATTO, M. A.; DIAS, E. L.; LANGE, D. A. 1982. *Produtos de soja: leite, farinha e outros*. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 157 p. (Série Tecnologia Agroindustrial, v. 10).