



Produção de brotos de soja utilizando a cultivar BRS 216: caracterização físico-química e teste de aceitabilidade

*Production of soybean sprouts from the cultivar BRS 216:
physical and chemical characterization and acceptability test*

Autores | Authors

✉ **Marcelo Alvares de OLIVEIRA**

*Embrapa Soja
Núcleo Temático de Utilização,
Pós-Colheita e Segurança Alimentar
Rod. Carlos João Strass (Bloco Pesq II)
Caixa Postal: 231
CEP: 86001-970
Londrina/PR - Brasil
e-mail: malvares@cnpsa.embrapa.br*

**Mercedes Concórdia
CARRÃO-PANIZZI**

*Embrapa Trigo
Equipe de Melhoramento
de Culturas de Verão,
e-mail: mercedes@cnpt.embrapa.br*

**José Marcos Gontijo
MANDARINO**

*Embrapa Soja
Núcleo Temático de Utilização,
Pós-Colheita e Segurança Alimentar
Londrina/PR - Brasil
e-mail: jmarcos@cnpsa.embrapa.br*

Rodrigo Santos LEITE

*Embrapa Soja
Laboratório Melhoramento Vegetal
Londrina/PR - Brasil
e-mail: rsleite@cnpsa.embrapa.br*

✉ Autor Correspondente | Corresponding Author

Recebido | Received: 12/08/2011

Aprovado | Approved: 25/01/2013

Publicado | Published: mar./2013

Resumo

O presente trabalho teve por objetivo avaliar os parâmetros físico-químicos e os processos para a produção de brotos de soja a partir de sementes da cultivar BRS 216, bem como sua composição química e aceitabilidade. Foram avaliados o comprimento e o peso dos brotos viáveis, a composição centesimal e os teores de isoflavonas e de inibidor de tripsina. O desenho experimental foi ao acaso com três repetições e os tratamentos foram avaliados num esquema fatorial 3 x 3: três frequências de irrigação (a cada quatro, oito e 12 horas) e três períodos de crescimento (cinco, seis e sete dias). O teste de aceitabilidade dos brotos de soja foi realizado utilizando-se a escala hedônica estruturada de nove pontos, avaliando-se cor, aparência, odor, textura, sabor e avaliação global, além da intenção de compra. A frequência de irrigação com intervalos de quatro horas e o período de sete dias de crescimento foram ideais para produção dos brotos de soja, favorecendo maior produtividade, teores mais elevados de proteínas e menores teores de inibidor de tripsina. O índice de aceitabilidade dos brotos de soja foi superior a 70 em todas as características avaliadas, com exceção do odor.

Palavras-chave: *Composição centesimal; Isoflavonas; Inibidor de tripsina; Análise sensorial.*

Summary

The aim of the present study was to evaluate the physical and chemical parameters and process for the production of soybean sprouts from the BRS 216 cultivar, as well as determining their chemical composition and acceptability. The length and weight of viable sprouts, proximate composition, and the isoflavone and trypsin inhibitor contents were evaluated. The experimental design was completely randomized with three replications, and the treatments were evaluated using a 3 x 3 factorial design: three irrigation frequencies (four, eight and 12 hours) and three growth periods (five, six and seven days). The soybean sprout acceptability was determined using a nine point structured hedonic scale, evaluating colour, appearance, aroma, texture, flavour, overall evaluation and purchase intention. An irrigation frequency with four hour intervals and a seven day growth period were the best parameters for soybean sprout production, showing high productivity, higher protein content, and a reduced trypsin inhibitor content. The soybean sprout acceptability index was above 70 for all the characteristics evaluated, except for odour.

Key words: *Proximate composition; Isoflavones; Trypsin inhibitor; Sensory analysis.*

Produção de brotos de soja utilizando a cultivar BRS 216: caracterização físico-química e teste de aceitabilidade

OLIVEIRA, M. A. et al.

1 Introdução

Denomina-se alimento germinado ou brotos qualquer semente que é estimulada pelo contato com a água, com o ar e com o calor, e tem como resultado o crescimento. As sementes germinadas irão formar o caule e as folhas, que vão preenchendo-se pouco a pouco com clorofila, originando os brotos (LOURES, 2007).

Os brotos são alimentos altamente nutritivos, em cuja produção não se utiliza nenhum tipo de adubo ou defensivo. Por isso, são alimentos totalmente naturais, que utilizam apenas as reservas armazenadas nas sementes para germinar e alcançar o tamanho para serem consumidos. Portanto, são boas fontes de minerais, vitaminas e proteínas, e apresentam baixa caloria. Os brotos são apreciados pelo seu paladar e pelo seu valor nutritivo e medicinal (VIEIRA e LOPES, 2001).

Fordham et al. (1975) afirmaram que a produção de brotos de soja e feijão moyashi, também conhecido como feijão-mungo, tem sido desenvolvida pelos chineses há séculos.

Machado et al. (2009) estudaram três espécies de *Fabaceae* – *Vigna radiata* (mungo-verde), *Vigna mungo* (mungo-preto) e *Cajanus cajan* (gandu-anão) – e afirmaram que, com a germinação, elevam-se os teores de proteína, melhorando a sua qualidade, pois aumenta a sua digestibilidade e reduzem-se os fatores antinutricionais existentes.

O feijão-mungo é a espécie mais utilizada para a produção de brotos no Brasil; entretanto, mais de 30 espécies de plantas, principalmente de olerícolas (brócolis, rabanete, cebola, mostarda, etc.) e de leguminosas (feijão moyashi, alfafa, trevo, lentilha, etc.) são utilizadas para essa finalidade. Alguns brotos têm sabor picante, como o broto de rabanete, outros são delicados e de sabor suave, como os brotos de alfafa e de trevo. A produção de brotos é rápida, cerca de 3 a 7 dias, e pode ser realizada em qualquer época do ano, sem a necessidade de solo, fertilizantes, agrotóxicos e luz solar direta (VIEIRA e LOPES, 2001).

As sementes devem ser de qualidade, com alta pureza física, sem contaminação com sementes de outras espécies. Para garantir a qualidade do produto, são necessárias sementes com alto poder germinativo e vigor; dependendo da espécie empregada e do tempo de brotação, o rendimento de brotos é elevado. Tem sido observado, para a proporção semente/broto, que normalmente um quilo de sementes produz de 5 a 12 kg de brotos, conforme a espécie empregada e o tempo de brotação (VIEIRA e LOPES, 2001).

No caso da soja, existem genótipos específicos de soja em função da utilização dos seus grãos. Deste modo, a classificação da soja pode ser feita em dois grupos principais: soja tipo grão e soja tipo alimento. A soja tipo grão apresenta sementes de tamanhos médios, representados pelo peso de 100 sementes (PCS) entre

12 e 19 g; seu sabor característico não é muito agradável ao paladar humano, quando consumido na alimentação direta, sendo então cultivada principalmente para atender às indústrias de farelo e óleo. A soja tipo alimento, com sabor mais suave e agradável ao paladar humano, apresenta duas categorias: sementes grandes, com PCS igual ou maior do que 20 g, muito utilizada como soja hortaliça, e sementes pequenas, com PCS menor do que 10 g, destinadas ao consumo na forma de brotos e de *natto* (YOKOMIZO et al., 2000).

O teor proteico da semente de soja germinada mantém-se em torno de 100% da proteína da semente original, considerando-se o peso seco (FORDHAM et al., 1975). Estudos com três cultivares de soja germinada por três dias mostraram que os teores de proteínas alcançaram valores máximos após 48 horas do início da germinação (BORDINGNON et al., 1995).

Com a germinação das sementes de soja, ocorre redução dos fatores antinutricionais, tais como os inibidores de tripsina e as hemaglutininas ou lectinas, e hidrólise dos oligossacarídeos (rafinose e estaquiase), causadores de flatulência, aumentando assim o valor nutritivo e melhorando a digestibilidade proteica dos grãos germinados. A germinação também aumenta a atividade da enzima fitase, mobilizando os fitatos, que, em menor teor, tornam menos indisponíveis os minerais divalentes, como cobre, zinco, cobalto, manganês, ferro e cálcio. Na soja germinada, há uma redução de até 30% da atividade antitriptica, com conseqüente melhoria da qualidade nutricional (BAU e DEBRY, 1979). Em razão da elevada porcentagem de água nos brotos de soja, estes também são caracterizados como alimentos de baixo valor calórico.

A produção de brotos de soja no Brasil é muito restrita ou quase inexistente. Para o estabelecimento de um mercado consumidor, são necessárias tecnologias que garantam a produção dos brotos em larga escala, cultivares de soja adaptadas para sua produção e técnicas de processamento que garantam a segurança alimentar do produto, viabilizando, assim, a sua comercialização e tornando-o rentável e atrativo para os produtores. As agroindústrias de produtos minimamente processados podem entrar nesse mercado, participando da produção e da comercialização desse produto.

O objetivo deste estudo foi avaliar os parâmetros físico-químicos e os processos para a produção de brotos de soja a partir de sementes da cultivar BRS 216, bem como sua composição química e aceitabilidade.

2 Materiais e métodos

2.1 Sementes da cultivar BRS 216

A cultivar BRS 216 apresenta sementes pequenas e foi desenvolvida para esse tipo de uso (CARRÃO-

Produção de brotos de soja utilizando a cultivar BRS 216: caracterização físico-química e teste de aceitabilidade

OLIVEIRA, M. A. *et al.*

PANIZZI *et al.*, 2009). As mesmas foram fornecidas pela Embrapa Serviço de Negócios Tecnológicos (SNT) e pela Fundação Meridional de Apoio e Pesquisa Agropecuária – Londrina-PR. A cultivar BRS 216 foi semeada em novembro de 2008 e colhida em abril de 2009, em Ponta Grossa-PR. O lote de sementes apresentou um nível de vigor de 78% e uma viabilidade de 90%.

2.2 Parâmetros de produção de brotos de soja

Foram utilizadas seis caixas plásticas d'água com tampa e capacidade para 100 L. No interior das mesmas, foram colocadas bandejas de isopor perfuradas, apoiadas sobre uma tela de aço inoxidável, numa distância igual a 2 cm do fundo das caixas, para permitir drenagem da água de irrigação das sementes durante o processo de germinação.

Inicialmente, as sementes foram sanitizadas utilizando-se uma solução de hipoclorito de sódio a 10%, por 4 minutos e, posteriormente, as mesmas foram colocadas em embebição em água clorada por 4 horas (adaptado de EMATER, 2007). Em cada bandeja, foram colocados 50 g de sementes embebidas. A frequência de irrigação foi a cada 4 horas, durante 7 dias. A temperatura ambiente e a umidade relativa do ar (27,5 + 5,1 °C e 53,5 + 16,5% UR) foram monitoradas durante todo o experimento. A temperatura da água de irrigação foi mantida a 25 °C.

O desenho experimental foi ao acaso, com três repetições, e os tratamentos foram avaliados num esquema fatorial 3 × 3: três frequências de irrigação (a cada quatro, oito e 12 horas) e três períodos de crescimento (cinco, seis e sete dias), tendo sido utilizado o programa estatístico SANEST (NOGUEIRA, 1991).

A medida do comprimento e do peso dos brotos viáveis foi realizada durante o experimento, sendo que, para as demais análises, todas as amostras foram desidratadas em estufa com circulação forçada de ar a 50 °C por 48 horas e moídas posteriormente, para a realização das quantificações químicas.

Nos períodos determinados, foram avaliadas as variáveis respostas em triplicata, descritas a seguir.

2.2.1 Comprimento e peso dos brotos viáveis

Amostras de 25 brotos por repetição foram avaliadas para o comprimento dos mesmos, que foi medido com auxílio de paquímetro e o valor expresso em centímetros. O peso dos brotos viáveis de cada bandeja foi determinado em balança semianalítica e os dados expressos em gramas.

2.2.2 Composição centesimal (Umidade, Lipídios, Proteínas, Cinzas e Carboidratos), teor de isoflavonas totais e de inibidor de tripsina

Para a determinação da composição centesimal, do teor de isoflavonas totais e do teor de inibidor de tripsina, as amostras de brotos foram previamente secas em estufa com circulação forçada de ar, da marca Fanem, modelo 320-SE, a 50 °C por 48 horas, e moídas em moinho refrigerado, da marca Tecnal, modelo TE 631, numa velocidade de 27.000 rpm, até a granulometria de 40 mesh.

A umidade residual foi determinada por diferença gravimétrica em equipamento da marca OHAUS, modelo MB45, no qual, aproximadamente, um grama de amostra foi submetido a uma temperatura de 125 °C, por três minutos. Os resultados foram expressos em porcentagem.

O teor de lipídios (óleo) foi determinado em extrator de Soxhlet, utilizando-se como solvente n-hexano, de acordo com métodos físico-químicos para análise de alimentos do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2005). Os resultados foram expressos em g.100⁻¹ g de massa seca.

Para quantificar o teor de proteína, foram utilizados 100 mg de amostra. Foi determinado o teor total de nitrogênio e multiplicado pelo fator de conversão igual a 6,25, de acordo com o método micro Kjeldahl, descrito nos métodos físico-químicos para análise de alimentos do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2005). Os resultados foram expressos em g.100⁻¹ g de massa seca.

As cinzas, ou o resíduo mineral fixo, foram determinadas segundo a metodologia descrita nos métodos físico-químicos para análise de alimentos do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2005), utilizando-se 0,5 g de amostra, que foi levado à mufla para calcinação à temperatura de 550 °C, por aproximadamente 7 horas ou até que as cinzas estivessem completamente brancas. Os resultados foram expressos em g.100⁻¹ g de massa seca.

O teor de carboidratos foi obtido por diferença: [100-(proteína + lipídios + cinzas + umidade)].

A análise quantitativa das isoflavonas foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), segundo metodologia descrita por Berhow (2002). A extração foi realizada conforme Carrão-Panizzi *et al.* (2002). Após extração, as amostras foram centrifugadas em centrífuga Eppendorf, modelo 5417R, a 5 °C, em 21.000 g por 15 minutos. Os sobrenadantes obtidos foram filtrados em filtros da marca Millipore, com poros de 0,45 µm. Foram injetados 20 µL dos extratos no cromatógrafo para separação e quantificação das isoflavonas. Para tanto, foi utilizado um cromatógrafo da marca Waters, equipado com detector de arranjo de fotodiodos, modelo TM 996, com temperatura controlada para 25 °C.

A separação e a eluição das isoflavonas foram realizadas em coluna de fase reversa do tipo ODS C18

Produção de brotos de soja utilizando a cultivar BRS 216: caracterização físico-química e teste de aceitabilidade

OLIVEIRA, M. A. et al.

YMC-Pack ODS-AM, com partículas de 5 µm, diâmetro de 4,6 mm e comprimento de 250 mm, em sistema de gradiente linear. O sistema gradiente inicial consistiu de 20% (metanol com 0,025% de ácido trifluoroacético) (eluente A) e 80% (água com 0,025% de ácido trifluoroacético) (eluente B). Após 35 minutos de eluição, foi atingida a proporção de 10% do eluente B e 90% do eluente A, sendo que todas as isoflavonas já haviam sido separadas, eluídas e detectadas num comprimento de onda igual a 254 nm. Em 36 minutos, a eluição se tornou isocrática com 100% de Metanol (eluente A), retornando às condições iniciais em 40 minutos. O tempo total de análise foi de 60 minutos e o fluxo do solvente era de 1 mL.min⁻¹. Todos os reagentes utilizados na extração e na quantificação possuíam grau HPLC. A quantificação foi feita por padronização externa com curvas de calibração de padrões (marca Sigma) de isoflavonas com concentrações conhecidas e os teores de isoflavonas totais foram expressos em g.100⁻¹ g de massa seca.

Os principais inibidores de proteases da soja são os de Kunitz (±20 kDa) e Bowman-Birk (6-10 kDa), tendo sido determinados segundo metodologia descrita por Kakade et al. (1974), modificada por Hamerstrand et al. (1981). O método se baseia no grau de inibição da tripsina e na hidrólise de substrato benzoil-DL-arginina-p-nitroanilida hidrocloreto (BAPA). Os resultados foram expressos em mg.100g⁻¹ de massa seca.

2.3 Testes de aceitabilidade dos brotos de soja

2.3.1 Obtenção dos brotos

Em um segundo ensaio, depois de determinados os melhores parâmetros de tempo e frequência de irrigação, procedeu-se à produção dos brotos para o teste de aceitabilidade. Para a obtenção dos brotos, foram pesados 2 kg de sementes de soja, que foram sanitizadas com hipoclorito de sódio 10%, por 4 minutos, e posteriormente embebidas em água clorada por 4 horas (adaptado de EMATER, 2007). As sementes foram

colocadas diretamente sobre uma tela de aço inoxidável a 2 cm do fundo das caixas plásticas d'água, para permitir drenagem da água.

2.3.2 Coleta e tratamento térmico dos brotos para análise sensorial

Os brotos foram coletados quando atingiram aproximadamente 10 cm de comprimento. Em seguida, realizou-se o processo de branqueamento durante 30 segundos em água fervente (Figura 1).

Após o branqueamento, os brotos foram colocados em caixas plásticas com tampa e transportados para o restaurante da Embrapa Soja. O tempo de cocção foi de dois minutos em água fervente.

2.3.3 Análise sensorial

A avaliação da aceitabilidade dos brotos de soja foi conduzida no restaurante da Embrapa Soja, com a participação de 67 julgadores não treinados, que receberam, na entrada do restaurante, uma porção dos brotos de soja em copinhos plásticos de 50 mL transparentes, sem tempero, à temperatura ambiente. Cada julgador adicionou o broto à sua refeição, comendo separadamente ou misturando na sua porção de salada.

Juntamente com a porção de broto, cada julgador recebeu a ficha de avaliação com a escala hedônica estruturada de nove pontos entre 01 (desgostei extremamente) e 09 (gostei extremamente) (MINIM, 2006). Os atributos avaliados foram: cor, aparência, odor, textura, sabor e avaliação global.

O índice de aceitabilidade foi calculado pela fórmula 1:

$$\text{Índice de aceitabilidade} = \frac{\sum \text{das notas dos julgadores} \times 100}{\text{número de julgadores} \times 9} \quad (1)$$

Foi avaliada a intenção de compra do produto, caso o mesmo estivesse disponível no mercado, apenas questionando os julgadores se eles comprariam, não comprariam ou não tinham opinião até aquele momento.



Figura 1. Colheita e branqueamento dos brotos de soja na cozinha experimental da Embrapa Soja.

Produção de brotos de soja utilizando a cultivar BRS 216: caracterização físico-química e teste de aceitabilidadeOLIVEIRA, M. A. *et al.***3 Resultados e discussão****3.1 Parâmetros de produção dos brotos de soja****3.1.1 Peso, comprimento dos brotos viáveis e composição centesimal**

O peso dos brotos viáveis foi maior na frequência de irrigação a cada 12 horas, quando comparado com a frequência de irrigação a cada quatro horas. Com frequência de irrigação a cada oito horas, o peso dos brotos viáveis não diferiu de nenhuma das outras frequências de irrigação (Tabela 1).

A variação no peso dos brotos viáveis ocorreu em função dos dias de crescimento, independentemente da frequência de irrigação. Com sete dias de crescimento, o peso dos brotos foi maior, não importando a frequência de irrigação. Cada porção de 25 g de sementes de soja, com cinco dias de germinação, proporcionou uma colheita média de brotos viáveis de 35,73 g; com seis dias de germinação, de 43,12 g, e com sete dias de germinação, de 64,19 g. Portanto, com um quilograma de sementes de soja da cultivar BRS 216, a produção de brotos seria de 1,43 kg de brotos germinados durante cinco dias, 1,72 kg durante seis dias e 2,57 kg durante sete dias. Estes dados são bem inferiores àqueles relatados por Vieira e Lopes (2001), os quais afirmaram que, para sementes de feijão moyashi, um quilograma rende cerca de seis quilogramas de brotos.

O comprimento dos brotos viáveis foi maior com a frequência de irrigação a cada quatro horas (Tabela 1). O aumento no comprimento dos brotos viáveis também ocorreu de forma crescente em função do aumento do número de dias de crescimento, sendo que os maiores tamanhos ocorreram após sete dias de crescimento.

Vilas Boas *et al.* (2002) relataram valores médios de comprimentos de 6,49 e 9,80 cm para brotos de soja da cultivar IAC-8, germinados durante cinco e seis dias,

respectivamente; tais valores são menores do que os encontrados neste trabalho para a cultivar BRS 216, de 8,06 e 11,84 cm, respectivamente. Este fato é explicado principalmente por se tratar de cultivares diferentes nos dois experimentos e pelas diferenças das temperaturas nos dois ambientes durante o processo de produção.

Os teores de lipídios variaram em função da frequência de irrigação, sendo que quanto maior a frequência de irrigação, maior o teor de lipídios (Tabela 2).

Com cinco dias de crescimento, os teores de lipídios nos brotos foram mais elevados e se reduziram com o tempo, não havendo diferenças entre seis e sete dias de crescimento. Vilas Boas *et al.* (2002) relataram uma diminuição de 18 g.100⁻¹ g para 10 g.100⁻¹ g de massa seca nos teores de lipídios dos brotos de soja, com o aumento no tempo de crescimento de três para seis dias. As sementes oleaginosas, depois de germinarem, metabolizam os triacilgliceróis armazenados, convertendo-os em carboidratos, pois as plantas não dispõem de mecanismos de transporte de gorduras do endosperma para os tecidos radiculares e órgãos aéreos da plântula (TAIZ e ZEIGER, 2004). Portanto, quanto maior o número de dias de crescimento e menor a frequência de irrigação, ocorre a tendência de diminuição nos teores de lipídios dos brotos, que é devida à mobilização das reservas nutricionais das sementes durante o processo germinativo.

Nos teores de proteínas dos brotos, em relação à frequência de irrigação, foi observado que, com seis dias de crescimento, quanto menor a frequência de irrigação, menores os teores de proteínas. Entretanto, com sete dias de crescimento, independentemente das frequências de irrigação, os teores de proteínas permaneceram inalterados (Tabela 2).

Os dias de crescimento influenciaram nos teores de proteínas dos brotos produzidos, sendo que, com qualquer frequência de irrigação, os teores de

Tabela 1. Peso e comprimento dos brotos viáveis de soja da cultivar BRS 216, germinados durante 5, 6 e 7 dias, utilizando frequência de irrigação a cada 4, 8 e 12 horas.

Parâmetros físicos	Frequência de irrigação	Teores médios dos constituintes				C.V.%
		Tempo de Germinação (dias) de brotos			Média	
		5	6	7		
Peso (g)	4 horas	32,54	43,16	62,43	46,04 ^b	6,76%
	8 horas	37,06	41,16	62,52	46,91 ^{ab}	
	12 horas	37,57	45,03	67,61	50,07 ^a	
	Média	35,73 ^c	43,12 ^b	64,19 ^a		
Comprimento (cm)	4 horas	8,59	13,11	15,72	12,47 ^a	4,67%
	8 horas	7,86	11,29	14,90	11,35 ^b	
	12 horas	7,74	11,11	13,77	10,87 ^b	
	Média	8,06 ^c	11,84 ^b	14,80 ^a		

Médias de tempo de germinação seguidas de letras maiúsculas iguais, dentro de cada parâmetro, não diferem significativamente ($p > 0.05$). Médias de frequência de irrigação seguidas de letras minúsculas iguais, dentro de cada parâmetro, não diferem significativamente ($p > 0.05$).

Produção de brotos de soja utilizando a cultivar BRS 216: caracterização físico-química e teste de aceitabilidade

OLIVEIRA, M. A. et al.

Tabela 2. Composição centesimal em massa seca dos brotos viáveis de soja da cultivar BRS 216, germinados durante 5, 6 e 7 dias, utilizando frequência de irrigação a cada 4, 8 e 12 horas.

Parâmetros químicos	Frequência de irrigação	Teores médios dos constituintes				C.V.%
		Tempo de Germinação (dias) de brotos				
		5	6	7	Média	
Lipídios (g.100 ⁻¹ g)	4 horas	18,10	16,33	13,21	15,91 ^a	12,96%
	8 horas	16,53	11,83	11,76	13,37 ^b	
	12 horas	10,71	9,54	8,31	9,52 ^c	
	Média	15,11 ^A	12,57 ^B	11,09 ^B		
Proteína (g.100 ⁻¹ g)	4 horas	47,89 ^{Ba}	52,11 ^{Aa}	51,03 ^{Aa}	50,34	2,00%
	8 horas	46,36 ^{Bb}	50,76 ^{Ab}	50,98 ^{Aa}	49,36	
	12 horas	47,90 ^{Ba}	48,51 ^{Bc}	50,14 ^{Aa}	48,85	
	Média	47,38	50,46	50,71		
Cinzas (g.100 ⁻¹ g)	4 horas	7,15	8,13	7,53	7,60 ^a	4,46%
	8 horas	7,06	7,78	7,03	7,29 ^{ab}	
	12 horas	6,53	7,55	7,06	7,04 ^b	
	Média	6,91 ^B	7,82 ^A	7,21 ^B		
Carboidratos (g.100 ⁻¹ g)	4 horas	26,86 ^{Ac}	23,42 ^{Bc}	28,23 ^{Ab}	26,17	4,94%
	8 horas	30,05 ^{Ab}	29,62 ^{Ab}	30,23 ^{Ab}	29,96	
	12 horas	34,86 ^{Aa}	34,40 ^{Aa}	34,48 ^{Aa}	34,58	
	Média	30,59	29,15	30,98		

Médias de tempo de germinação seguidas de letras maiúsculas iguais, dentro de cada parâmetro, não diferem significativamente ($p > 0.05$). Médias de frequência de irrigação seguidas de letras minúsculas iguais, dentro de cada parâmetro, não diferem significativamente ($p > 0.05$).

proteínas dos brotos crescidos durante cinco dias foram menores do que nos brotos crescidos durante sete dias. Vilas Boas et al. (2002) também verificaram esta mesma tendência para brotos colhidos entre três e seis dias. Portanto, em relação aos teores de proteínas, o crescimento durante sete dias propiciou maiores teores.

Em relação aos teores de cinzas, verificou-se que a frequência de irrigação a cada quatro horas propiciou teores mais elevados do que a cada 12 horas (Tabela 2).

Em relação aos dias de crescimento, verificou-se que os teores de cinzas foram superiores aos seis dias e que não houve diferenças nos teores entre cinco e sete dias de crescimento. Estes dados diferem de Vilas Boas et al. (2002), que relataram um aumento do teor de cinzas com o aumento dos dias de crescimento, para a cultivar IAC-8. Esses autores ainda relataram teores inferiores de cinzas para a cultivar IAC-8, quando comparados com os teores determinados na cultivar BRS 216, utilizada neste trabalho.

Os teores de carboidratos totais aumentaram à medida que se diminuiu a frequência de irrigação dentro dos dias de crescimento, em razão da mobilização das reservas nutricionais das sementes durante o processo germinativo, corroborando com o relato de Taiz e Zeiger (2004). Verificou-se que os dias de crescimento não interferiram nos teores de carboidratos totais nos brotos de soja, à exceção ocorrida aos seis dias de crescimento com frequência de irrigação a cada quatro horas, em que teores menores foram encontrados (Tabela 2).

3.1.2 Isoflavonas totais e inibidor de tripsina

A frequência de irrigação não alterou os teores de isoflavonas totais. Assim, independentemente da frequência de irrigação utilizada, os teores de isoflavonas não diferiram dentro de cada dia de crescimento (Tabela 3).

Verificou-se, em relação aos dias de crescimento, que o crescimento durante cinco dias propiciou teores maiores de isoflavonas totais, seguido de sete dias e seis dias, nessa ordem. Entretanto, numericamente, estes valores não acarretaram perdas significativas quando os brotos permaneceram em crescimento durante seis ou sete dias. Assim, os dados obtidos neste trabalho estão de acordo com aqueles apresentados pelo USDA, no qual está descrito que, dentre os alimentos de soja, os brotos são os que apresentam os maiores teores de isoflavona em massa seca (PIMENTEL et al., 2005)

Em média, houve redução nos teores do inibidor de tripsina com o tempo de crescimento corroborando com Machado et al. (2009). Entretanto, uma redução significativa nos teores desse fator antinutricional foi observada aos sete dias de germinação e frequência de irrigação a cada quatro horas (Tabela 3). Liener (1994) afirmou que a maioria dos produtos comerciais de soja retém de 5 a 20% da atividade inibitória original e, assim, os teores nos brotos após processo de cocção ou de enlatamento devem ser bem pequenos.

Ciabotti et al. (2006) relataram que durante o processamento do grão de soja, para a elaboração do

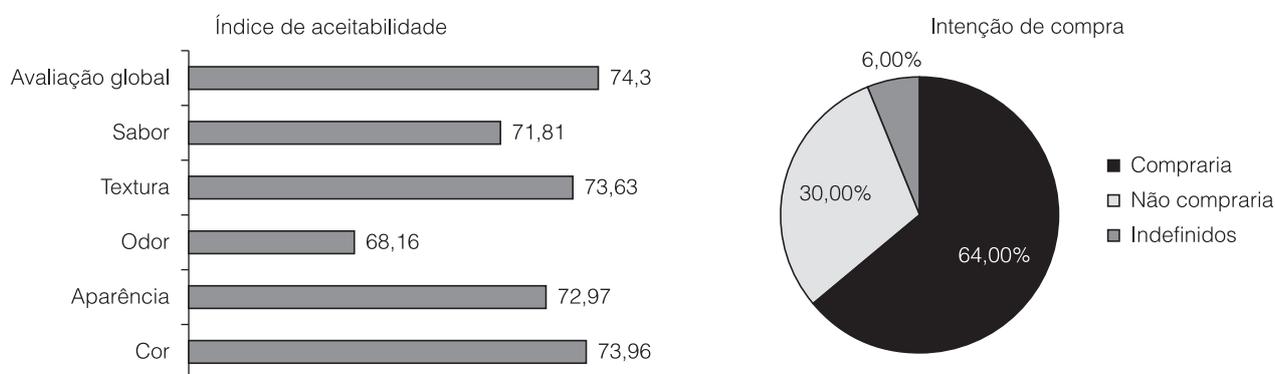
Produção de brotos de soja utilizando a cultivar BRS 216: caracterização físico-química e teste de aceitabilidade

OLIVEIRA, M. A. et al.

Tabela 3. Teores de isoflavonas totais e de inibidor de tripsina em massa seca dos brotos viáveis de soja da cultivar BRS 216, germinados durante 5, 6 e 7 dias, utilizando frequência de irrigação a cada 4, 8 e 12 horas.

Parâmetros	Frequência de irrigação	Teores médios dos constituintes				C.V.%
		Tempo de Germinação (dias) de brotos				
		5	6	7	Média	
Isoflavonas totais (g.100 ⁻¹ g)	4 horas	473,64	412,89	454,18	446,90 ^a	3,63%
	8 horas	474,15	406,51	436,17	438,94 ^a	
	12 horas	463,86	419,29	415,94	433,03 ^a	
	Média	470,55 ^A	412,90 ^C	435,43 ^B		
Inibidor de tripsina (mg.100 ⁻¹ g)	4 horas	13,06 ^{Aa}	11,82 ^{Aa}	7,21 ^{Bb}	10,70	13,91%
	8 horas	14,67 ^{Aa}	11,39 ^{Ba}	11,76 ^{ABa}	12,61	
	12 horas	14,46 ^{Aa}	13,30 ^{Aa}	13,13 ^{Aa}	13,63	
	Média	14,06	12,17	10,70		

Médias de tempo de germinação seguidas de letras maiúsculas iguais, dentro de cada parâmetro, não diferem significativamente ($p > 0,05$). Médias de frequência de irrigação seguidas de letras minúsculas iguais, dentro de cada parâmetro, não diferem significativamente ($p > 0,05$).

**Figura 2.** Índice de Aceitabilidade e Intenção de Compra de broto de soja.

tofu, ocorreu uma eliminação de 79 a 82%, com redução dos teores dos grãos cerca de 40 para 7 g.100⁻¹ g. Dessa forma, os teores encontrados no tofu pesquisado por esses autores foram semelhantes aos encontrados nos brotos aos sete dias de germinação e frequência de irrigação a cada quatro horas.

3.2 Testes de aceitabilidade de brotos de soja

3.2.1 Análise sensorial

Os resultados da análise sensorial mostraram que, apenas no atributo odor, o índice de aceitabilidade ficou inferior ao mínimo recomendado de 70. Nos demais atributos (cor, aparência, textura, sabor e avaliação global), o índice foi superior a 70. Na característica sensorial de odor, a média foi de 68,16%, não alcançando a expectativa de aceitabilidade pelo consumidor. Este fato pode ter ocorrido, porque os brotos foram servidos sem nenhum tipo de tempero, como *shoyu*, azeite de oliva ou vinagre, que poderiam ter mascarado tal odor. Dos julgadores, 64% afirmaram que comprariam o produto se estivesse disponível no mercado (Figura 2).

A partir dos resultados obtidos nas condições do ensaio concluiu-se que a frequência de irrigação a cada quatro horas e os sete dias de crescimento foram os parâmetros ideais para produção dos brotos de soja, quando a cultivar BRS 216 foi utilizada como matéria-prima. Nessas condições, obteve-se produtividade, teores mais elevados de proteínas e menores teores de inibidor de tripsina.

Os brotos de soja produzidos com a cultivar BRS 216 tiveram ótima aceitabilidade

4 Conclusões

A partir dos resultados obtidos nas condições do ensaio, concluiu-se que a frequência de irrigação a cada quatro horas e os sete dias de crescimento foram os parâmetros ideais para produção dos brotos de soja, quando a cultivar BRS 216 foi utilizada como matéria-prima. Nessas condições, obteve-se produtividade, teores mais elevados de proteínas e menores teores de inibidor de tripsina.

Os brotos de soja produzidos com a cultivar BRS 216 tiveram ótima aceitabilidade em todas as características avaliadas, com exceção do odor. Diante

Produção de brotos de soja utilizando a cultivar BRS 216: caracterização físico-química e teste de aceitabilidadeOLIVEIRA, M. A. *et al.*

dos resultados, sugere-se que o produto é merecedor de inclusão no mercado com mais uma alternativa de formas de consumo de soja na alimentação humana, uma vez que o mesmo é acompanhado de ingredientes que melhoram suas características sensoriais e, conseqüentemente, a intenção de compra.

Referências

- BAU, H. M.; DEBRY, G. Germinated soybean protein products chemical and nutritional evaluation. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Champaign, v. 56, n. 3, p. 160-162, 1979.
- BERHOW, M. A. Modern analytical techniques for flavonoid determination. In: BUSLIG, B. S.; MANTHEY, J. A. (Ed.). **Flavonoids in the Living Cell**. New York: Klusher Academic, 2002. p. 61-76. PMID:12083467. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4757-5235-9_6
- BORDINGNON, J. R.; IDA, E. L.; OLIVEIRA, M. C.; MANDARINO, J. M. Effect of germination on the protein content and on the level of specific activity of lipoxygenase-1 in seedlings of three soybean cultivars. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 45, n. 3, p. 222-226, 1995.
- CARRÃO-PANIZZI, M. C.; GÓES-FAVONI, S. P.; KIKUCHI A. Extraction time for soybean isoflavone determination. **Brazilian Archives of Biology and Technology: An International Journal**, Curitiba, v. 45, p. 515-518, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132002000600015>
- CARRÃO-PANIZZI, M. C.; PIPOLO, A. E.; ARIAS, C. A. A.; KASTER, M.; OLIVEIRA, M. F.; OLIVEIRA, M. A.; TOLEDO, J. F. F.; MOREIRA, J. U. V.; CARNEIRO, G. E. S. Breeding specialty soybean cultivars for processing and value-added utilization at Embrapa in Brazil. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 8., 2009, Beijing. **Proceedings...** Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, Institute of Crop Science, 2009.1 CD-ROM-b.
- EMPRESA PARANAENSE DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL – EMATER. **Cultivo de Brotos**. Curitiba: Emater/Seab, 2007. 48 p. Apostila técnica.
- CIABOTTI, S.; BARCELLOS, M. F. P.; MANDARINO, J. M. G.; TARONE, A. G. Avaliações químicas e bioquímicas dos grãos, extratos e tofus de soja comum e de soja livre de Lipoxigenase. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 920-929, 2006.
- FORDHAM, J. R.; WELLS C. E.; CHEN, L. H. Sprouting of seeds and nutrient composition of seeds and sprouts. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 40, n. 3, p. 552-556, 1975. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1975.tb12526.x>
- HAMERSTRAND, G. E.; BLACK, L. T.; GLOVER, J. D. Trypsin inhibitors in soy products: modification of the standard analytical procedure. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 51, n. 1, p. 42-45, 1981.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ – IAL. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos e Físicos para Análises de Alimentos**. 4. ed. Brasília, Ministério da Saúde, 2005. v. 1, 1018 p.
- KAKADE, M.; RACKIS, J. J.; MCGHEE, J. E.; PUSKI, G. Determination of Trypsin inhibitor activity of soy products: A collaborative analysis of an improved procedure. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 51, p. 376-383, 1974.
- LIENER, I. E. Implication of antinutritional components in soybeans food. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 34, n. 1, p. 31-67, 1994. PMID:8142044. <http://dx.doi.org/10.1080/10408399409527649>
- LOURES, N. T. P. **Caracterização Físico-Química, Microbiológica e Sensorial de Brotos de Lentilha da Variedade Precoz**. 2007. 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2007.
- MACHADO, A. L. L.; BARCELOS, M. F. P.; TEIXEIRA, A. H. R.; NOGUEIRA, D. A. Avaliação de Parâmetros químicos em brotos de Fabaceae para o consumo humano. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1171-1178, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542009000400018>. Acesso em: 10 abr. 2012.
- MINIM, V. P. R. **Análise Sensorial: Estudos com Consumidores**. Viçosa: Editora UFV, 2006. 67 p.
- NOGUEIRA, M. C. S. **Curso de Estatística Experimental Aplicada à Experimentação Agronômica**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 1991. 168 p.
- PIMENTEL, C. V. M. B.; FRANCKI, V. M.; GOLLÜCKE, A. P. B. **Alimentos Funcionais: Introdução as Principais Substâncias Bioativas em Alimentos**. São Paulo: Varela, 2005. 95 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2004. 719 p.
- VIEIRA, R. F.; LOPES, J. D. S. **Produção de Brotos Comestíveis: Feijão Moyashi, Alfafa, Trevo, Rabanete e Brócolis**. Viçosa: CPT, 2001. 108 p.
- VILAS BOAS, E. V. B.; BARCELOS, M. F. P.; LIMA, M. A. C. Tempo de germinação e características físicas, químicas e sensoriais dos brotos de soja e de milho nas formas isoladas e combinadas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 1, p. 148-156, 2002.
- YOKOMIZO, G. K.; DUARTE, J. B.; VELLO, N. A. Correlações fenotípicas entre tamanho de grãos e outros caracteres em topocruzamentos de soja tipo alimento com tipo grão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 11, p. 2235-2241, 2000. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2000001100016>