

Quantificação dos teores de açúcares, oligossacarídeos e amido em genótipos/cultivares de soja (*Glycine Max* (L) Merrill) especiais utilizados para alimentação humana

*Quantification of the sugars, oligosaccharides and starch in special soybean genotypes/cultivars (*Glycine Max* (L) Merrill) for human consumption*

Autores | Authors

✉ Marcelo Alvares de OLIVEIRA

Embrapa Soja
Bloco Pesq II
Rod. Carlos João Strass
Caixa Postal: 231
CEP: 86001-970
Londrina/PR - Brasil
e-mail: malvares@cnpso.embrapa.br

Mercedes Concórdia CARRÃO-PANIZZI José Marcos Gontijo MANDARINO

Embrapa Soja
e-mail: mercedes@cnpso.embrapa.br
jmarcos@cnpso.embrapa.br

Rodrigo Santos LEITE

Embrapa Soja
Laboratório de Melhoramento Vegetal
e-mail: rsleite@cnpso.embrapa.br

Paulo Júnior de CAMPOS FILHO

Universidade Norte do Paraná (Unopar)
Embrapa Soja
Laboratório de Melhoramento Vegetal
e-mail: paulodrogamais@hotmail.com

Marcelo Brazão VICENTINI

Universidade Estadual de Londrina (UEL)
Embrapa Soja
Laboratório de Melhoramento Vegetal
e-mail: marcelobvquimica@gmail.com

✉ Autor Correspondente | Corresponding Author

Recebido | Received: 16/02/2009
Aprovado | Approved: 08/03/2010

Resumo

Na soja, vários componentes, tais como açúcares, aminoácidos, ácidos orgânicos, sais inorgânicos, isoflavonas e saponinas estão relacionados com o sabor. Os açúcares, a sacarose e o amido, podem melhorar o sabor e a textura da soja. O objetivo deste trabalho foi quantificar os teores desses compostos e dos oligossacarídeos, em sementes de 28 genótipos/cultivares do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Soja, que apresentam características especiais para o melhoramento genético. Os açúcares e os oligossacarídeos foram quantificados pela técnica de cromatografia líquida de alto desempenho (CLAE) e o amido pela metodologia adaptada de Rickard e Behn (1987). Os genótipos PI 417.159 e F83-8119 apresentaram menores teores de oligossacarídeos totais (2,744 e 3,064 g.100 g⁻¹ de massa seca). As cultivares Tambaguro e Koji Amarela foram as que apresentaram teores de sacarose superiores a 6 g.100 g⁻¹ de massa seca (6,327 e 6,162), enquanto que a única cultivar que apresentou um teor superior a 1 g.100g⁻¹ de massa seca de amido foi a Tambaguro (1,191). As cultivares Koji Preta, Tamahomare, Tambaguro e BRS 267 foram estatisticamente superiores quando os 3 atributos (oligossacarídeos totais, sacarose e amido) foram avaliados conjuntamente, com o foco em sabor superior. As cultivares Koji Preta, Tamahomare, Tambaguro foram as melhores fontes genéticas indicadas para cruzamentos, pois não são tropicalizadas, enquanto a cultivar BRS 267 pode melhorar as qualidades sensoriais dos produtos processados a partir de soja. Por outro lado, a cultivar Late Giant, devido ao maior teor de oligossacarídeos, é uma fonte genética em potencial para produção de um alimento funcional à base de soja.

Palavras-chave: Sojas especiais; Açúcares; Oligossacarídeos; Amido; CLAE.

Summary

In soybeans, many components such as sugars, amino acids, organic acids, inorganic salts, saponins and isoflavones are related to the flavour. The sugars, sucrose and starch can improve the soybean flavour and texture. The present study aimed to quantify the contents of these compounds and also the oligosaccharides in the seeds from 28 genotypes/cultivars obtained from the Embrapa Soybean Germplasm Bank, that present special characteristics for genetic improvement programmes. The sugars and oligosaccharides were quantified by high-performance liquid chromatography (HPLC) and the starch by methodology adapted from Rickard e Behn (1987). The genotypes PI 417.159 and F83-8119 showed the lowest contents of total oligosaccharides (2.744 and 3.064 g.100 g⁻¹ DW). The cultivars Tambaguro and Koji Amarela showed sucrose levels above 6 g.100 g⁻¹ DW (6.327 and 6.162), and the only cultivar with a starch content above 1 g.100 g⁻¹ DW was Tambaguro (1.191). The cultivars Koji Preta, Tamahomare, Tambaguro and BRS 267 were statistically better when the 3 attributes (total oligosaccharides, sucrose and starch) were analysed together with a focus on better flavour. The cultivars Koji Preta, Tamahomare, Tambaguro were the best genetic sources for breeding because they have not been tropicalized, whilst the cultivar BRS 267 could improve the sensory qualities of processed soybean-based foods. On the other hand, on account of its higher oligosaccharide content, the cultivar Late Giant is a potential genetic source for the production of functional soybean-based foods.

Key words: Soybean for human consumption; Sugars; Oligosaccharides; Starch; HPLC.

Quantificação dos teores de açúcares, oligossacarídeos e amido em genótipos/cultivares de soja (*Glycine Max* (L) Merrill) especiais utilizados para alimentação humana

OLIVEIRA, M. A. et al.

1 Introdução

Em soja, vários componentes, tais como açúcares, aminoácidos, ácidos orgânicos, sais inorgânicos, isoflavonas, saponinas e amido estão relacionados com o sabor (MASUDA, 1991, 2004).

O amido existe em quantidades muito baixas na soja, entretanto, para grãos de soja maduros, Masuda (2004) afirmou que a formação da maltose durante o cozimento está diretamente relacionada com o teor de amido das sementes. A formação de maltose durante este processo propicia na soja um sabor superior.

A sacarose corresponde a praticamente 60% do total de açúcares solúveis encontrados na soja, enquanto os oligossacarídeos rafinose e estaquiose representam cerca de 4 e 36%, respectivamente (HYMOWITZ et al., 1972). Os mesmos autores relataram na soja variações nos teores de sacarose (2,5 a 8,2 g.100 g⁻¹), rafinose (0,1 a 0,9 g.100 g⁻¹) e estaquiose (1,4 a 4,1 g.100 g⁻¹).

A maior causa de flatulência causada pelo consumo de leguminosas é a presença de oligossacarídeos não redutores da família da rafinose (rafinose, estaquiose e verbascose). Embora os oligossacarídeos sejam considerados fatores antinutricionais por causarem problemas de flatulência nos indivíduos, Morais e Silva (1996) afirmaram que eles promovem o desenvolvimento de *Bacillus bifidus* no lúmen intestinal, os quais inibem o desenvolvimento de bactérias que produzem material putrefativo, reduzindo os riscos de câncer de cólon.

As cultivares de soja, em função da utilização, podem ser divididas 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, sendo cultivada para atender às indústrias processadoras de óleo e farelo. A soja tipo alimento com sabor agradável apresenta duas categorias: sementes pequenas, PCS menor do que 10 g, destinadas ao consumo na forma de brotos e de "natto" (alimento oriental fermentado); e sementes grandes, com PCS igual ou superior a 20 g. Estas têm os seguintes usos principais: "soja verde ou hortaliça ou vegetal" (*vegetable soybean*, *green soybean*, ou *edamame*), utilizada para consumo humano direto na forma de vagens imaturas, em estágio R₆ da classificação de Fehr e Caviness (1977); "soja doce" (kuromame), cultivares com sementes de tegumento preto e consumidas na forma de grãos maduros; "soja salada" para preparação de saladas mistas com hortaliças e legumes, com sementes maduras e tegumento de coloração amarela, verde ou variegada (YOKOMIZO, et al., 2000).

A Embrapa Soja desenvolveu, nos últimos anos, várias linhagens que deram origem a algumas cultivares de soja para serem utilizadas exclusivamente na produção

de soja alimento. As principais cultivares são a BRS 213 e a BRS 257, que apresentam ausência das enzimas lipoxigenases, o que garante excelentes características para a alimentação humana; a BRS 267, que apresenta sementes grandes, hilo amarelo e sabor superior, sendo ideal para a produção de "tofu", farinha, extrato ou "leite" de soja e "soja verde ou hortaliça ou vegetal"; e a BRS 216, que apresenta hilo amarelado, e é ideal para a produção de "natto" e brotos de soja, devido ao tamanho pequeno das sementes (EMBRAPA, 2007).

Com a conscientização do mercado consumidor em relação aos benefícios do consumo da soja, uma série de pesquisas com novas cultivares estão sendo demandadas, a fim de que essas cultivares apresentem qualidades organolépticas superiores e adequadas ao paladar ocidental. O objetivo deste trabalho foi quantificar os teores de açúcares, oligossacarídeos e amido em 28 genótipos/cultivares do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Soja utilizados para alimentação ou com potencialidades para utilização, a fim de identificar potenciais materiais para cruzamentos que darão origem a produtos processados de soja com qualidades sensoriais superiores.

2 Material e métodos

Foram avaliados 28 genótipos/cultivares de soja, da safra 2007/2008, provenientes do Banco Ativo da coleção de trabalho do programa de melhoramento genético de soja para alimentação humana, da Embrapa Soja. Materiais não adaptados para as nossas condições, normalmente não crescem bem, possuem baixa produtividade e baixa resistência/tolerância à maioria das pragas e doenças locais, sendo então inseridos no programa de melhoramento para cruzamentos. A grande maioria destes genótipos/cultivares foi oriunda do Japão e dos Estados Unidos e não possuem adaptação para as condições brasileiras. As exceções foram as cultivares Tracajá, BRS 267, BR 8, BRS 232, BRS 213, BRS 258, BRS 257 e Embrapa 48 (Tabela 1).

As características de tamanho de semente, cor, cor de hilo e peso de cem sementes foram avaliadas com a chegada do material trilhado e limpo do campo. A classificação em relação ao tamanho da semente foi feita de acordo com a escala descrita no rodapé da Tabela 1.

O peso de cem sementes foi feito em triplicata e os dados apresentados representam uma média. Os resultados foram expressos em gramas.

Assim sendo, linhas destes genótipos/cultivares foram plantados a partir de 15 de outubro de 2007, na Fazenda Santa Terezinha, sede da Embrapa Soja, onde todos os tratamentos culturais necessários foram feitos. Estas linhas foram colhidas manualmente e separadamente de acordo com a maturação de cada material. Posteriormente estas linhas foram trilhadas separadamente em barracão e encaminhadas para o Laboratório de Melhoramento

Quantificação dos teores de açúcares, oligossacarídeos e amido em genótipos/cultivares de soja (*Glycine Max* (L) Merrill) especiais utilizados para alimentação humana

OLIVEIRA, M. A. et al.

Tabela 1. Características das sementes de genótipos/cultivares de soja do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Soja.

Genótipos/cultivares	Tamanho	Cor	Cor do hilo	PCS (g)
Fukuyutaka	GG	Amarela	Marron Claro	30,82
F 85-11346	G	Amarela/Verde	Preto	32,83
F 83-5782 (Late Giant)	G	Preta	Preto	32,89
Bansoitaki Shimazu	GG	Amarela	Amarelo	31,54
F 83-7999	G	Amarela	Preto	28,86
Akishiroimi	G	Amarela	Amarelo	28,72
Nakassenari	GG	Amarela	Marron Claro	43,24
F 83-8119	G	Preta	Preto	37,49
Koji Preta	GG	Preta	Preto	36,15
PI 417.159	GG	Amarela	Amarelo	43,24
Soja Natto	P	Amarela	Amarelo	11,74
Tamahomare	G	Amarela	Amarelo	23,90
GC84- 058-21-4	M/G	Amarela	Marron	26,85
Semente Verde (Feira)	G	Verde Intenso	Preto	23,63
F 83-8017	M/G	Preta	Preto	31,53
F 83-8207	G/GG	Amarela	Amarelo	32,19
Tambaguro	GG	Preta	Preto	61,55
Koji Amarela	G	Amarela	Amarelo	29,44
Late Giant	GG	Preta	Preto/Branco	38,41
Tracajá	P/M	Amarela	Preto	16,27
BRS 267	G	Amarela	Amarelo	26,32
PI 864.90	P	Amarela	Marron	12,56
BR 8	P/M	Amarela	Amarelo	16,12
BRS 232	M/G	Amarela	Marron Claro	22,77
BRS 213	P	Amarela	Amarelo	13,12
BRS 258	M/G	Amarela	Marron	20,41
BRS 257	P/M	Amarela	Marron	16,56
EMBRAPA 48	P	Amarela	Marron Claro	12,83

P = diâmetro médio < 5 mm; M = diâmetro médio entre 5 e 7 mm; G = diâmetro médio entre 7 e 9 mm; e GG = diâmetro médio > 9 mm.

Vegetal da Embrapa Soja, para o procedimento das análises.

Separaram-se 15 g de sementes de soja de cada um dos genótipos/cultivares que foram trituradas separadamente em moinho refrigerado, da marca Tecnal, modelo TE 631 a 27000 rpm, até uma granulometria de 40 mesh. Em seguida, separaram-se dois gramas de cada amostra moída para a determinação do teor de lipídios, em triplicata, e um grama para determinação da umidade.

O teor de lipídios foi determinado na base seca para cada genótipo/cultivar, para possibilitar o cálculo dos teores de açúcares e amido, pois estas análises requeriam amostras desengorduradas. O teor de lipídios foi determinado em extrator de Soxhlet, utilizando-se como solvente extrator o n-hexano (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005) e os resultados foram expressos em porcentagem.

A umidade dos grãos de soja moídos foi determinada em balança de infravermelho da marca OHAUS, modelo MB45, a uma temperatura de 125 °C, por 2 min e os

resultados foram expressos em porcentagem segundo metodologia descrita por Turatti e Silva (1995).

O restante da amostra foi desengordurado a frio, em temperatura ambiente, sob agitação constante por 12 h, de acordo com a metodologia preconizada por Carrão-Panizzi et al. (2002), para posterior determinação dos teores de açúcares, oligossacarídeos e de amido na base seca.

2.1 Determinação dos teores de açúcares e oligossacarídeos

A extração dos açúcares (glicose, frutose e sacarose) e dos oligossacarídeos (rafinose e estaquiose) presentes nas sementes de soja das cultivares estudadas foi realizada segundo a metodologia de Masuda et al. (1996) adaptada por Mandarino et al. (2000). Os açúcares e oligossacarídeos foram quantificados pela técnica de cromatografia líquida de alto desempenho (CLAE) em cromatógrafo da marca Dionex Bio LC, equipado com detector eletroquímico com eletrodo de ouro, também, da marca Dionex, modelo ED 50 e autoinjeter de amostras,

Quantificação dos teores de açúcares, oligossacarídeos e amido em genótipos/cultivares de soja (*Glycine Max* (L) Merrill) especiais utilizados para alimentação humana

OLIVEIRA, M. A. et al.

da marca TSP, modelo Spectra System AS 3500. Para a separação dos açúcares e oligossacarídeos, foi utilizada a coluna CarboPac PA 10 (Dionex) com 250 mm de comprimento x 4 mm de diâmetro interno e partículas de 5 µm de diâmetro. Como proteção da coluna, foi utilizada a pré-coluna CarboPac PA 10 (dionex) com 50 mm de comprimento x 4 mm de diâmetro interno e partículas de 5 µm de diâmetro. Para separação dos açúcares e oligossacarídeos adotou-se o sistema isocrático, tendo-se como fase móvel a solução de hidróxido de sódio (NaOH) 50 mM preparada com água destilada deionizada ultrapura Milli Q. A vazão da fase móvel foi de 1,2 mL.min⁻¹, em temperatura ambiente (aproximadamente 25 °C). Para a detecção dos açúcares e oligossacarídeos, foi utilizado o detector eletroquímico equipado com eletrodo de ouro, também, da marca Dionex, modelo ED 50. A identificação dos picos correspondentes aos diferentes açúcares e oligossacarídeos individualmente foi feita por meio de padrões de glicose, frutose, sacarose, rafinose e estaquiose, da marca Sigma, solubilizados em solução de etanol 80%, nas seguintes concentrações: 40, 80, 120 160 e 200 ηmoles. Para a quantificação por padronização externa (área dos picos) foram utilizados os mesmos padrões como referência.

Das amostras desengorduradas de cada genótipo/cultivar, foram pesadas em triplicata 2,50 g, às quais foram adicionadas 50 mL de etanol 80%. A mistura foi homogeneizada durante 2 min, com auxílio de um Polytron, para proceder à extração dos açúcares solúveis. Em seguida, as amostras foram centrifugadas a 12000 rpm durante 10 min. Retirou-se o sobrenadante, que foi filtrado em membrana PVDF (0,22 mm de porosidade e 13 mm de diâmetro), hidrofílica, marca MILLI PORE. Em seguida, as amostras foram colocadas em frascos do injetor automático para determinação dos teores de açúcares e oligossacarídeos por CLAE. Os resultados foram expressos em g.100 g⁻¹ de massa seca.

2.2 Determinação dos teores de amido

Para a quantificação dos teores de amido pelo método da hidrólise enzimática, o precipitado residual dos tubos da centrífuga foi coletado, transferido para erlenmeyers de 125 mL e a ele foram acrescentados 42 mL de água destilada deionizada. Para a hidrólise inicial, foram utilizados 50 µL de solução comercial de α-amilase (Star Max GT 120), inclusive na prova em branco. As amostras foram colocadas em banho-maria com agitação na temperatura de 90 °C por 20 min. Decorrido este período, esperou-se abaixar a temperatura para 60 °C e lhes foram adicionados 2,5 mL de tampão acetato de sódio 4M, pH 4,8 e 50 µL de solução de amiloglicosidase (Star Max 400). As amostras foram novamente colocadas em banho Maria a 55 °C com agitação, onde permaneceram por 2 h (RICKARD e BEHN, 1987). Após o material ser resfriado, o teor de

açúcar foi determinado pelo método preconizado por Somogy (1945) e Nelson (1944). O cálculo do teor de amido foi feito pela conversão da porcentagem de açúcar determinado pelo fator 0,9 (SOMOGY, 1945). Os dados foram expressos em g.100g⁻¹ de massa seca.

2.3 Análises estatísticas

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado com 3 repetições, sendo realizada a análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade (NOGUEIRA, 1991).

3 Resultados e discussão

A cultivar BRS 267 e os genótipos PI 417.159 e F83-8119 foram os que apresentaram os menores teores de estaquiose, diferindo estatisticamente da cultivar Late Giant (4,405 g.100 g⁻¹ de massa seca). De todos os genótipos/cultivares estudados, a cultivar Late Giant foi a única que apresentou teores de estaquiose superiores à faixa relatada por Hymowitz et al. (1972) de 1,4 a 4,1 g.100 g⁻¹ de massa seca (Tabela 2).

Mandarino et al., (2000) relatou teores inferiores de estaquiose (1,54 g.100g⁻¹ de massa seca) aos encontrados neste experimento (3,305 g.100g⁻¹ de massa seca) para a cultivar Tamahomare.

Os teores de rafinose entre os genótipos/cultivares avaliados apresentaram uma amplitude de 0,392 a 1,191 g.100 g⁻¹ de massa seca (Tabela 2). A cultivar BRS 257 apresentou os maiores teores de rafinose (1,191 g.100 g⁻¹ de massa seca), entretanto sem apresentar diferenças estatísticas para as cultivares BRS 232, BRS 267, Tambaguro, Koji Preta e os genótipos F83-8017 e GC84- 058-21-4. O genótipo F83-8119 apresentou menor teor de rafinose (0,392 g.100 g⁻¹ de massa seca) sem diferir, entretanto, estatisticamente de outros 14 genótipos/cultivares estudados neste experimento. As cultivares BRS 257 e Tambaguro foram as únicas cultivares que apresentaram teores de rafinose superiores à faixa relatada por Hymowitz et al. (1972) de 0,1 a 0,9 g.100 g⁻¹ de massa seca.

Com relação aos oligossacarídeos totais (rafinose + estaquiose), os genótipos PI 417.159 e F83-8119 também apresentaram menores teores, diferindo apenas da cultivar Late Giant (Tabela 2). Todos os demais genótipos/cultivares estudados não diferiram estatisticamente nem dos genótipos PI 417.159 e F83-8119, nem da cultivar Late Giant. A cultivar BRS 267, embora com baixo teor de estaquiose, apresentou elevado teor de rafinose, o que acarretou teores intermediários em relação aos oligossacarídeos totais.

Assim sendo, os genótipos PI 417.159 e F83-8119 foram as principais fontes genéticas indicadas para cruzamentos visando baixo teor de oligossacarídeos, os quais podem reduzir problemas de flatulência em produtos processados a partir de soja. Por outro lado, alimentos

Quantificação dos teores de açúcares, oligossacarídeos e amido em genótipos/cultivares de soja (*Glycine Max* (L) Merrill) especiais utilizados para alimentação humana

OLIVEIRA, M. A. et al.

Tabela 2. Teores de estaquiase, rafinose e oligossacarídeos totais em g.100g⁻¹ de massa seca de genótipos/cultivares de soja provenientes do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Soja.

Cultivares	Estaquiase (g.100 g ⁻¹)	Rafinose (g.100 g ⁻¹)	Oligossacarídeos totais (g.100 g ⁻¹)
Fukuyutaka	3,250 ^{ab}	0,748 ^{bcdef}	3,998 ^{ab}
F 85-11346	3,063 ^{ab}	0,796 ^{bcdef}	3,859 ^{ab}
F 83-5782 (late giant)	3,551 ^{ab}	0,666 ^{bcdefg}	4,217 ^{ab}
Bansoitaki shimazu	2,757 ^{ab}	0,639 ^{bcdefg}	3,396 ^{ab}
F 83-7999	3,119 ^{ab}	0,738 ^{bcdefg}	3,856 ^{ab}
Akishiroimi	2,937 ^{ab}	0,496 ^{defg}	3,433 ^{ab}
Nakassenari	3,062 ^{ab}	0,549 ^{cdefg}	3,610 ^{ab}
F 83-8119	2,352 ^b	0,392 ^g	2,744 ^b
Koji preta	2,692 ^{ab}	0,976 ^{ab}	3,668 ^{ab}
PI 417.159	2,506 ^b	0,558 ^{cdefg}	3,064 ^b
Soja natto	3,428 ^{ab}	0,739 ^{bcdefg}	4,167 ^{ab}
Tamahomare	3,305 ^{ab}	0,788 ^{bcdef}	4,093 ^{ab}
GC84- 058-21-4	3,005 ^{ab}	0,865 ^{abc}	3,870 ^{ab}
Semente verde (feira)	3,377 ^{ab}	0,656 ^{bcdefg}	4,033 ^{ab}
F 83-8017	3,250 ^{ab}	0,945 ^{ab}	4,195 ^{ab}
F 83-8207	2,875 ^{ab}	0,841 ^{bcd}	3,716 ^{ab}
Tambaguro	3,035 ^{ab}	0,927 ^{ab}	3,962 ^{ab}
Koji amarela	3,640 ^{ab}	0,764 ^{bcdef}	4,404 ^{ab}
Late giant	4,405 ^a	0,792 ^{bcdef}	5,197 ^a
tracajá	3,415 ^{ab}	0,451 ^{fg}	3,867 ^{ab}
BRS 267	2,236 ^b	0,943 ^{ab}	3,179 ^{ab}
PI 864.90	3,260 ^{ab}	0,455 ^{fg}	3,715 ^{ab}
BR 8	2,690 ^{ab}	0,480 ^{efg}	3,170 ^{ab}
BRS 232	3,698 ^{ab}	0,848 ^{abc}	4,545 ^{ab}
BRS 213	2,717 ^{ab}	0,724 ^{bcdefg}	3,441 ^{ab}
BRS 258	3,535 ^{ab}	0,810 ^{bcde}	4,345 ^{ab}
BRS 257	2,883 ^{ab}	1,191 ^a	4,074 ^{ab}
EMBRAPA 48	3,641 ^{ab}	0,656 ^{bcdefg}	4,297 ^{ab}
CV%	18,004	14,835	16,827
DMS	1,812	0,348	2,088

Comparações na coluna seguida de letras iguais não diferem significativamente ($p > 0,05$).

funcionais com soja, visando uma maior concentração de oligossacarídeos, podem ser formulados a partir da cultivar Late Giant ou até mesmo da inserção desta cultivar nos programas de melhoramento genético.

A cultivar Tambaguro apresentou o maior teor de sacarose (6,327 g.100 g⁻¹ de massa seca) e o genótipo F83-8119 o menor (2,376 g.100 g⁻¹ de massa seca) (Tabela 3).

A F83-8119 foi a única cultivar que apresentou teor de sacarose inferior às faixas relatadas por Hymowitz et al. (1972), de 2,5 a 8,2 g.100 g⁻¹ de massa seca, e por Mandarinio et al. (2000), de 3,29 a 9,57 g.100 g⁻¹ de massa seca.

A sacarose é um dos principais componentes que influenciam no sabor da soja (MASUDA, 1991) e, neste experimento, as cultivares Tambaguro e Koji Amarela foram os que apresentaram os maiores teores de sacarose, sem diferenças estatísticas das cultivares Koji

Preta, Tamahomare, Late Giant, BRS 267, BRS 232, BRS 258 e Embrapa 48. Portanto as cultivares Tambaguro e Koji Amarela foram as principais fontes genéticas indicadas para cruzamentos visando a obtenção de cultivares de soja com alto teor de sacarose. Estes maiores teores de sacarose melhoram a qualidade sensorial do extrato de soja, devido a sacarose mascarar o sabor adstringente de beany flavor e de algumas substâncias presentes na soja, como saponinas e isoflavonas que também interferem no sabor.

Mandarino et al. (2000) estudaram os teores de açúcares em 33 cultivares de soja brasileiros colhidas em estádio R8 e, em todos as cultivares, além da sacarose e dos oligossacarídeos estaquiase e rafinose, relataram a presença de frutose. Os teores de frutose relatados por estes autores variaram de 0,19 a 0,56 g.100 g⁻¹ de massa seca e foram superiores aos encontrados neste experimento (0,00 a 0,047 g.100 g⁻¹ de massa seca) (Tabela3), sendo que as cultivares Late Giant e BRS 232

Quantificação dos teores de açúcares, oligossacarídeos e amido em genótipos/cultivares de soja (*Glycine Max* (L) Merrill) especiais utilizados para alimentação humana

OLIVEIRA, M. A. et al.

Tabela 3. Teores de sacarose, frutose, açúcares solúveis totais e amido em g.100 g⁻¹ de massa seca de genótipos/cultivares provenientes do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Soja.

Cultivares	Sacarose (g.100 g ⁻¹)	Frutose (g.100 g ⁻¹)	Açúcares solúveis totais (g.100 g ⁻¹)	Amido (g.100 g ⁻¹)
Fukuyutaka	4,143 ^{efghij}	0,030 ^a	8,171 ^{abcde}	0,539 ^{bcd}
F 8511346	3,953 ^{efghij}	0,013 ^a	7,825 ^{abcde}	0,686 ^{bcd}
F 835782 (Late Giant)	2,878 ^{jk}	0,030 ^a	7,126 ^{bcde}	0,763 ^{abcd}
Bansoitaki Shimazu	4,639 ^{bcdefgh}	0,040 ^a	8,074 ^{abcde}	0,541 ^{bcd}
F 837999	3,226 ^{hijk}	0,033 ^a	7,115 ^{bcde}	0,693 ^{bcd}
Akishiroimi	3,561 ^{hijk}	0,013 ^a	7,007 ^{cde}	0,750 ^{abcd}
Nakassenari	3,093 ^{ijk}	0,025 ^a	6,728 ^{de}	0,748 ^{abcd}
F 838119	2,376 ^k	0,035 ^a	5,156 ^e	0,734 ^{abcd}
Koji preta	5,693 ^{abcd}	0,040 ^a	9,400 ^{abcd}	0,972 ^{ab}
PI 417159	4,276 ^{defghij}	0,011 ^a	7,352 ^{abcde}	0,704 ^{bcd}
Soja Natto	3,807 ^{fghijk}	0,030 ^a	8,004 ^{abcde}	0,500 ^{bcd}
Tamahomare	5,076 ^{abcdefgh}	0,013 ^a	9,183 ^{abcd}	0,794 ^{abcd}
GC84- 058-21-4	3,731 ^{ghijk}	0,027 ^a	7,628 ^{abcde}	0,653 ^{bcd}
Semente Verde (Feira)	3,760 ^{ghijk}	0,041 ^a	7,833 ^{abcde}	0,847 ^{abc}
F 838017	4,424 ^{cdefghi}	0,010 ^a	8,629 ^{abcd}	0,745 ^{abcd}
F 838207	3,079 ^{ijk}	0,023 ^a	6,818 ^{de}	0,651 ^{bcd}
Tambaguro	6,327 ^a	0,014 ^a	10,303 ^{abc}	1,191 ^a
Koji Amarela	6,162 ^a	0,013 ^a	10,579 ^a	0,630 ^{bcd}
Late Giant	5,277 ^{abcdef}	0,000 ^a	10,474 ^{ab}	0,603 ^{bcd}
Tracajá	4,111 ^{efghij}	0,010 ^a	7,988 ^{abcde}	0,343 ^d
BRS 267	5,955 ^{ab}	0,015 ^a	9,150 ^{abcd}	0,760 ^{abcd}
PI 86490	3,600 ^{ghijk}	0,015 ^a	7,329 ^{abcde}	0,460 ^{cd}
BR 8	3,253 ^{hijk}	0,011 ^a	6,433 ^{de}	0,481 ^{cd}
BRS 232	5,838 ^{abc}	0,000 ^a	10,383 ^{ab}	0,686 ^{bcd}
BRS 213	4,108 ^{efghij}	0,016 ^a	7,565 ^{abcde}	0,707 ^{bcd}
BRS 258	5,255 ^{abcdef}	0,047 ^a	9,647 ^{abcd}	0,674 ^{bcd}
BRS 257	4,277 ^{defghij}	0,038 ^a	8,379 ^{abcde}	0,620 ^{bcd}
EMBRAPA 48	5,438 ^{abcde}	0,027 ^a	9,763 ^{abcd}	0,680 ^{bcd}
CV%	10,691	109,045	12,734	22,015
DMS	1,488	0,076	3,362	0,484

Comparações na coluna seguida de letras iguais não diferem significativamente ($p > 0,05$).

não apresentaram teores mensuráveis de frutose. Tais diferenças são explicadas pelos diferentes equipamentos e colunas utilizados, visto que teores de frutose na soja são traços, como relatado por Hymowitz et al. (1972).

Em relação aos açúcares solúveis totais, Masuda e Harada (2000) observaram que há aumento destes compostos nos estádios iniciais do desenvolvimento das sementes, com decréscimo após 32 DAF (dias após florada). Estes autores ainda relataram que a cultivar Chakaori apresentou teores superiores a 15 g.100 g⁻¹ de massa seca de sacarose em grãos de soja verdes imaturos (estádio R₆), e apenas 7 g.100 g⁻¹ de massa seca nas sementes maduras (estádio R₈). Já a cultivar Enrei apresentou teores de 12 g.100 g⁻¹ de massa seca de sacarose em estágio R₆ e, ao final da maturidade (estádio R₈), estes teores diminuíram para 4 g.100 g⁻¹ de massa seca. As cultivares com maiores teores numéricos de sacarose neste experimento, Tambaguro e Koji Amarela

(6,327 e 6,162 g.100 g⁻¹ de massa seca, respectivamente), apresentaram teores de sacarose muito semelhantes ao da cultivar Chakaori (7 g.100 g⁻¹ de matéria seca) (Tabela 3).

Os teores de açúcares solúveis totais variaram de 5,156 g.100 g⁻¹ de massa seca (F83-8119) a 10,579 g.1400 g⁻¹ de massa seca (Koji Amarela) (Tabela 3), teores menores do que os encontrados por Mandarino et al. (2000), que apresentaram variações de 7,14 a 13,03 g.100 g⁻¹ de massa seca. As cultivares cujos teores de açúcares totais foram superiores a 10 g.100 g⁻¹ de massa seca foram: Tambaguro, Koji Amarela, Late Giant e BRS 232. Entretanto, não diferiram estatisticamente dos genótipos/cultivares: Fukuyutaka, F85-11346, Bansoitaki Shimazu, Koji Preta, PI 417159, Soja Natto, Tamahomare, GC84-058-21-4, Semente Verde (Feira), F83-8017, FT-Tracajá, BRS 267, PI 86.490, BRS 213, BRS 258, BRS 257 e Embrapa 48.

Quantificação dos teores de açúcares, oligossacarídeos e amido em genótipos/cultivares de soja (*Glycine Max* (L) Merrill) especiais utilizados para alimentação humana

OLIVEIRA, M. A. et al.

Moraes e Silva (1996) relataram que o amido é encontrado apenas em sementes verdes de soja e, mesmo assim, em pequena quantidade, o que realmente foi constatado neste trabalho (Tabela 3). Masuda (2004) afirmou que o teor de amido das sementes favorece a formação de maltose durante o cozimento dos grãos, melhorando o sabor e a textura da soja. Dentre as cultivares estudadas, a única que apresentou teor de amido superior a 1% (1 g.100 g⁻¹ de massa seca) foi a Tambaguro. Portanto os genótipos/cultivares F83-5782, Late Giant, Akishiromi, Nakassenari, F83-8119, Koji Preta, Tamahomare, Semente Verde (feira), F83-8017 e BRS 267 que não diferiram estatisticamente da Tambaguro, também são fontes genéticas para aumentar o teor de amido.

4 Conclusões

Os resultados obtidos permitem concluir que:

- Em relação aos teores de oligossacarídeos, sacarose e amido analisados conjuntamente, com vistas a sabor superior, as cultivares Koji Preta, Tamahomare, Tambaguro e BRS 267 foram superiores. Assim sendo, as cultivares Koji Preta, Tamahomare, Tambaguro foram as melhores fontes genéticas indicadas para cruzamentos, pois não são tropicalizadas, enquanto a cultivar BRS 267 pode melhorar as qualidades sensoriais dos produtos processados a partir de soja; e
- Em relação à produção de um alimento funcional à base de soja com maiores teores de oligossacarídeos, a cultivar Late Giant foi a melhor fonte genética indicada para cruzamentos genéticos visando a tropicalização desta cultivar.

Referências

- CARRÃO-PANIZZI, M. C.; FAVONI, S. P. G.; KIKUCHI, A. Extraction time for isoflavone determination. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 45, n. 4, p. 515-518, Dec. 2002.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Cultivares de soja 2006/2007 região centro-sul**. Londrina: Embrapa Soja; Embrapa Transferência de Tecnologia; Fundação Meridional, 2007. 72 p.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 12 p. (Special Report, 80).
- HYMOWITZ, T.; COLLINS, F. I.; PANCZNER, J.; WALKER, W. M. Relationship between the content of oil, protein and sugars in soybeans seed. **Agronomy Journal**, Madison, v. 64, n. 2, p. 613-616, 1972.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. 4 ed. Brasília/DF, 2005. 1018 p.
- MANDARINO, J. M. G.; CARRÃO-PANIZZI, M. C.; MASUDA, R. Composition content of sugars in soybean seeds of brazilian cultivars and genotypes of Embrapa Germoplasm collection. In: INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING AND UTILIZATION CONFERENCE, 3, 2000, Tsukuba. **Proceedings...** Tsukuba: Korin Publishing, 2000. p. 77-78.
- MASUDA, R. Quality requirement and improvement of vegetable soybean. In: SHANMUNGASUNDARAM, S. Vegetable soybean: research needs for production and quality improvement. WORKSHOP HELD AT KENTING. **Proceedings...** Taiwan: Asian Vegetable Research and Development Center, 1991. p. 92-102.
- MASUDA, R. 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; CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 3, 2004, Foz do Iguassu. **Proceedings...** Londrina: Embrapa Soybean, 2004. p. 839-844.
- MASUDA, R.; KANEKO, K.; YAMASHITA, I. Sugar and cyclitol determination in vegetables by HPLC using postcolumn fluorescent derivatization. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 61, n. 6, p. 1186-1190, 1996.
- MASUDA, R.; HARADA, K. Carbohydrate accumulation in developing soybean seeds; sucrose and starch levels in 30 cultivars for soy food. In: INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING AND UTILIZATION CONFERENCE, 3, 2000, Tsukuba. **Proceedings...** Tsukuba: Korin Publishing, 2000. p. 67-68.
- MORAIS, A. A. C.; SILVA, A. L. **Soja: suas aplicações**. Rio de Janeiro: Editora Médica e Científica Ltda, 1996. 259 p.
- NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogy method for determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 153, p. 375-380, 1944.
- NOGUEIRA, M. C. S. **Curso de estatística experimental aplicada à experimentação agrônômica**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 1991. 168 p.
- RICKARD, J. E.; BEHN, K. R. Evaluation of acid and enzyme hydrolytic methods for determination of cassava starch. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Davis, v. 41, n. 4, p. 373 -379, 1987.
- SOMOGY, M. Determination of blood sugar. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, n. 160, p. 69 - 73, 1945.
- TURATTI, J. M.; SILVA, M. T. C. (Ed.). **Curso controle de qualidade de óleos e farelos vegetais**. Campinas: ITAL, 1995. 163 p.
- 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/DF, v. 35, n. 11, p. 2225-2241, 2000.