

Armazenamento de soja: As especificidades genéticas modificam a conservabilidade dos genótipos?

Silvia Naiane Jappe¹; Lázaro da Costa Corrêa Cañizares¹; Maria Antônia Fagundes de Leon¹; Brenda Dannenberg Kaster¹; Silvia Rivero Meza¹; Moacir Cardoso Elias¹; Maurício de Oliveira¹

RESUMO

A soja é uma das principais commodities cultivadas no mundo, utilizada na alimentação humana e animal, e na formulação de diversos produtos industrializados. Com o intuito de suprir a demanda durante o ano, os grãos de soja são destinados ao armazenamento, onde diversos fatores podem influenciar na manutenção de sua qualidade e de seus subprodutos. A diferenciação genotípica, condições de cultivo e práticas de pós-colheita irão determinar a qualidade do produto final, sendo as características genéticas um determinante na conservabilidade dos grãos após a colheita. Com isso, o estudo teve como objetivo analisar a influência do genótipo de soja e do tempo de armazenamento (0 e 12 meses) sobre os parâmetros de qualidade dos grãos de soja e no teor de isoflavonas. Durante o armazenamento foi observado aumento da acidez, atividade de lipase, grãos fermentados e redução da germinação, proteína solúvel, valor L*, valor b* e isoflavonas totais, independente do genótipo. Porém, nota-se diferenças significativas durante o armazenamento entre os genótipos estudados, sendo os genótipos DM 57152RSF IPRO e BRS 5601 RR os que apresentaram melhor conservabilidade e os NA 5909 RG e 95r51 que apresentaram pior conservabilidade durante o armazenamento. Em relação ao teor de isoflavonas totais, pode-se observar elevados teores nos genótipos BMX GARRA IPRO e BMX LANÇA IPRO, quando comparado aos demais.

Palavras-chave: Genótipo; Armazenamento; Qualidade da soja; Isoflavonas

¹ Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (LABGRÃOS), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPEL).

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* [L.] Merr.) possui elevados teores de proteínas, lipídios e açúcares solúveis, características que a tornam adequada para consumo humano, animal e processamento industrial (FERREIRA et al., 2019). Entretanto, as propriedades tecnológicas e o perfil de isoflavonas da soja podem ser influenciadas pelo genótipo, época de semeadura, fertilidade do solo, condições ambientais de cultivo e fases pós-colheita como secagem, armazenamento e industrialização (ZIEGLER et al., 2018).

O Brasil é o maior produtor e exportador de soja do mundo (CONAB, 2023), sua alta produção ocorre devido ao elevado valor agregado desse grão, decorrente da alta demanda do mercado mundial, principalmente por seu alto teor de proteína (40%) e de óleo (20%), além de possuir elevados teores de isoflavonas, os quais estão relacionados a inúmeros benefícios a saúde (SINCLAIR et al., 2014).

Para que o cultivo da soja fosse possível em diferentes áreas, tornou-se necessário o desenvolvimento de genótipos adaptáveis às diferentes condições ambientais, uma vez que a qualidade dos grãos após a colheita é influenciada pelas características específicas dos genótipos de soja e pelas condições ambientais onde são cultivados (ZIEGLER et al., 2018; KESSLER, 2019).

O uso do melhoramento genético de plantas torna os genótipos estáveis e adaptáveis às condições prevaletentes durante o cultivo. A adaptabilidade ao meio ambiente aliada às práticas de manejo e pós-colheita favorecem a produção de soja de alta qualidade (MWIINGA et al., 2020). Nesse contexto, o estudo teve como objetivo analisar a influência de 8 genótipos de soja durante o armazenamento (0 e 12 meses) sobre os parâmetros de qualidade e o teor de isoflavonas.

MATERIAL E MÉTODOS

Os genótipos de soja BMX LANÇA IPRO, NA 5909 RG, BMX ATIVA RR, BMX GARRA IPRO, BMX ALVO RR, DM 57I52RSF IPRO, BRS 5601 RR e 95r51 foram obtidos da Fundação Pró-Sementes (Passo Fundo, RS, Brasil). Após a colheita, as amostras foram transportadas para o Laboratório de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos (LABGRÃOS) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), onde foram secas a 35°C até 12% de umidade. As amostras foram armazenadas em câmara de armazenamento (ELETROlab – EL222/3) a 25 °C e 60% de umidade por 12 meses.

A acidez (%) foi determinada pelo método 02-01A (AACC, 2000). A atividade da enzima lipase (% lipólise) foi realizada conforme Kaur et al. (1993). E a solubilidade proteica foi determinada conforme descrito por Liu et al. (1992), utilizando o método Kjeldahl.

A análise de germinação foi realizada em câmara de germinação (25° C e 80% de umidade relativa), conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os grãos fermentados foram determinados conforme com a Instrução Normativa nº 11, de 15 de maio de 2007, e a Instrução Normativa nº 37, de 27 de julho de 2007 (BRASIL 2007a e BRASIL 2007b). O perfil colorimétrico foi determinado por um colorímetro (Minolta, CR-310), e os parâmetros analisados foram o valor L* (0 = preto e 100 = branco), o valor b* (negativo = azul e positivo = amarelo).

A soja moída e desengordurada foi utilizada para a extração de isoflavonas livres conforme descrito por Cañizares et al. (2023). O conteúdo de isoflavonas foi quantificado em HPLC-ESI-QToF-MS e expresso em $\mu\text{mol.g}^{-1}$.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições (réplicas biológicas) e estas foram submetidas à análise de variância (ANOVA) com 95% de confiabilidade. A comparação entre os genótipos e entre os tempos de armazenamento foi realizada pelo teste de Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da acidez, atividade da lipase, proteína solúvel e germinação estão apresentados na Figura 1. A análise de variância mostrou efeitos significativos ($P < 0,05$) do genótipo e do tempo de armazenamento para todas as análises. Durante o armazenamento foi observado o aumento da acidez, atividade de lipase e redução da proteína solúvel e da germinação.

No início do armazenamento o genótipo NA 5909 RG apresentou maior índice de acidez e atividade lipase, porém ao longo do armazenamento pode-se observar um maior acréscimo da acidez no genótipo 95r51, tornando-se superior ao NA 5909 RG. Já os menores valores de acidez durante o armazenamento foram observados nos genótipos BRS 5601 RR, DM 57152RSF e BMX LANÇA IPRO. Durante o armazenamento prolongado, a soja fica suscetível às ações de microrganismos deteriorantes, tornando seu metabolismo mais ativo e dificultando a manutenção da qualidade desses grãos, causando maior ação enzimática, como a lipase (CAÑIZARES et al., 2023; ZIEGLER et al., 2016). A enzima lipase atua na hidrólise do triacilglicerol, liberando ácidos graxos livres, que aumentam a acidez (TIMM et al., 2021).

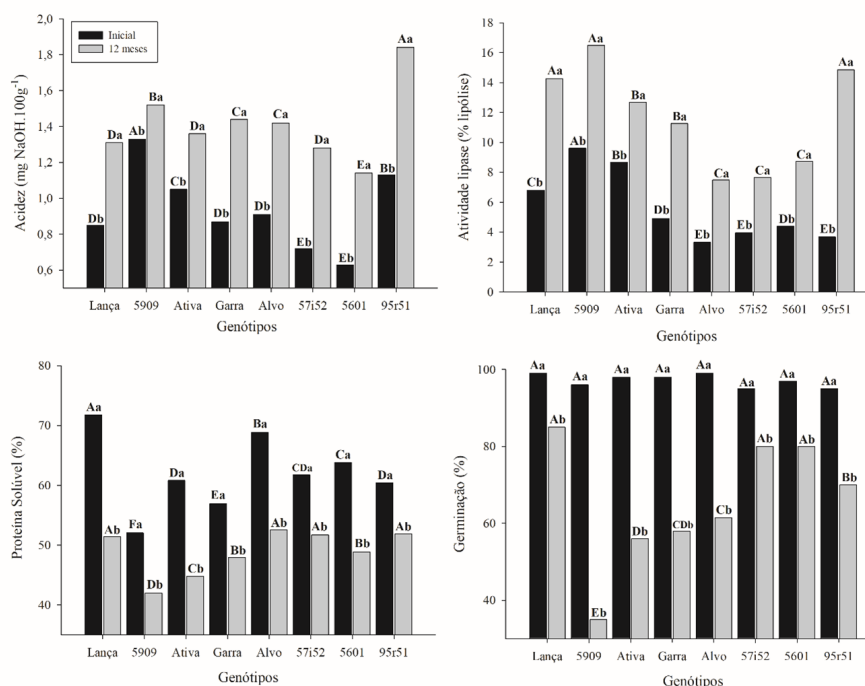


Figura 1. Acidez, atividade da lipase, proteína solúvel e germinação de genótipos de soja armazenados durante 12 meses. As letras maiúsculas comparam entre os genótipos e as letras minúsculas comparam entre o tempo de armazenamento (0 e 12 meses).

O maior valor de proteína solúvel no início do armazenamento foi encontrado no genótipo BMX LANÇA IPRO (71,76%), porém ao longo do armazenamento foi observado uma redução maior quando comparado aos demais, não mostrando diferença significativa quando comparado com os genótipos BMX ALVO RR e DM 57152RSF IPRO. Já os menores teores de proteína solúvel foram encontrados no genótipo NA 5909 RG, independente do tempo de armazenamento. A redução da proteína solúvel durante o armazenamento está relacionada ao fortalecimento das ligações dissulfeto entre os aminoácidos e às alterações na estrutura das proteínas (RAMOS et al., 2021). Essas alterações promovem o aumento das interações amido-proteína e proteína-proteína, reduzindo o acesso à fração solúvel.

A germinação não apresentou diferença no início do armazenamento para os genótipos analisados. Porém, em 12 meses de armazenamento foi observado uma maior redução da germinação no genótipo NA 5909 RG (35,00%), e os maiores foram encontrados nos genótipos BMX LANÇA IPRO (85%), DM 57152RSF IPRO (80,00%) e BRS 5601 RR (80,00%). A redução do índice de germinação é causado pela deterioração dos grãos em armazenamento prolongado (CUNHA et al., 2009). A ação dos microrganismos associados e as atividades enzimáticas do próprio grão favorecem a degradação das células, reduzindo o poder germinativo e o vigor das sementes (SMANIOTTO et al., 2014).

Os resultados do valor L^* e b^* , grãos fermentados e isoflavonas totais estão apresentados na Figura 2. A análise de variância mostrou efeitos significativos ($P < 0,05$) do genótipo e do tempo de armazenamento para todas as análises. Durante o armazenamento foi observado um aumento dos grãos fermentados e uma redução do valor de L^* (luminosidade) e b^* (amarelecimento) e das isoflavonas totais.

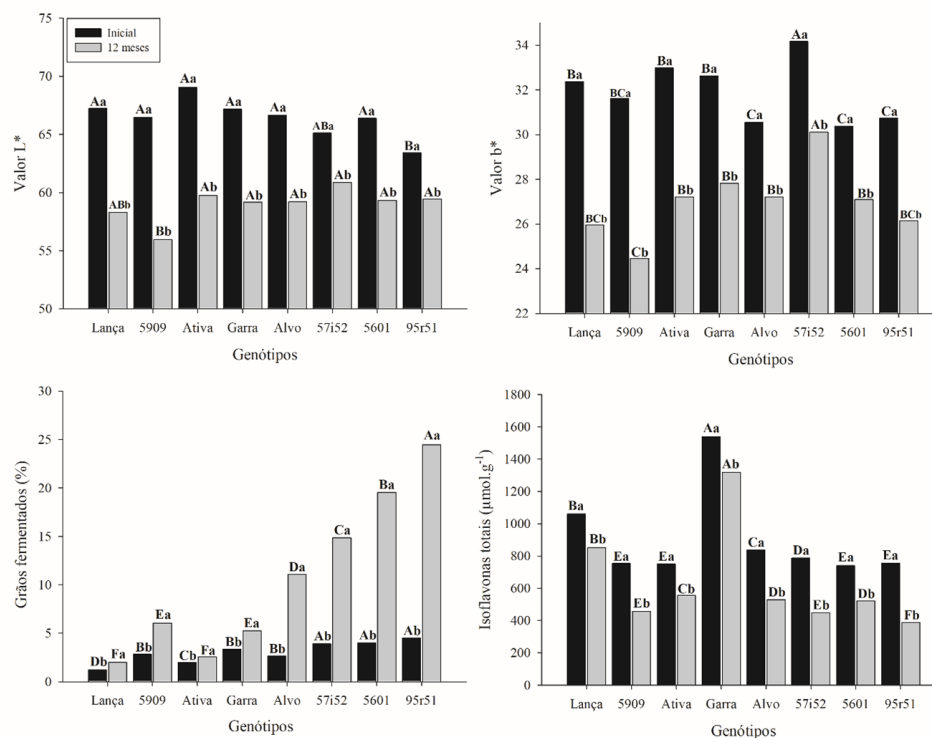


Figura 2. Valor L^* , valor b^* , grãos fermentados e isoflavonas totais genótipos de soja armazenados durante 0 e 12 meses. As letras maiúsculas comparam entre os genótipos e as letras minúsculas comparam entre o tempo de armazenamento (0 e 6 meses).

No início do armazenamento, o genótipo 95r51 apresentou o menor valor de L^* (grãos mais escuros), para os demais genótipos não foram encontradas diferenças significativas. Durante o armazenamento foi observado uma maior redução no valor de L^* para o genótipo NA 5909 RG. A redução do valor L^* ocorre devido a reações de escurecimento não enzimáticas, como reações de polimerização de compostos fenólicos de baixo peso molecular a taninos de alto peso molecular (NOZZOLILLO e BEZADA, 1984).

Em relação ao valor b^* , o genótipo DM 57I52RSF IPRO apresentou os maiores valores (tegumento mais amarelo), independente do tempo de armazenamento. Já a maior redução durante o armazenamento foi observada no genótipo NA 5909 RG, mesmo que no início do armazenamento esse genótipo possuía valores maiores que os genótipos BMX ALVO RR, BRS 5601 RR e 95r51. A redução do valor b^* ocorre devido à oxidação dos β -carotenos, composto responsável pela cor amarelo/laranja da soja (COULTATE, 2016), os quais são relacionados aos benefícios à saúde.

Quando analisado os grãos fermentados, é nítida a diferença entre o genótipo BMX LANÇA IPRO (2,02%) e 95r51 (24,45%) em 12 meses de armazenamento. Esses resultados estão de acordo com o aumento da acidez observado no genótipo 95r51 (Figura 1), o qual foi superior aos demais genótipos. O aumento dos grãos fermentados está relacionado a instabilidade ao armazenamento, no qual o genótipo apresenta um metabolismo mais ativo (maior ação enzimática), proporcionando maior infestação de microrganismos deteriorantes (CAÑIZARES et al., 2021).

As maiores concentrações de isoflavonas foram observadas nos genótipos BMX GARRA IPRO e BMX LANÇA IPRO. O perfil de isoflavonas varia de acordo com o genótipo, condições ambientais de cultivo e processamento pós-colheita, incluindo secagem, armazenamento e métodos de processamento (ZIEGLER et al., 2018). Estudos demonstram que as isoflavonas proporcionam inúmeros benefícios à saúde, tais como prevenção ao câncer e a doenças cardiovasculares (HOU e CHANG, 2002; ZIEGLER et al., 2018).

Com base nos resultados apresentados neste trabalho, fica evidente a diferença de conservabilidade durante o armazenamento entre os genótipos de soja, sendo os genótipos DM 57I52RSF IPRO e BRS 5601 RR os que apresentaram melhor conservabilidade e os genótipos NA 5909 RG e 95r51 os genótipos que apresentaram pior conservabilidade durante o armazenamento. Quando analisado o teor de isoflavonas, os genótipos BMX GARRA IPRO e BMX LANÇA IPRO se destacam como ricos nesses compostos. Mais estudos devem ser realizados para enfatizar quais características específicas de cada genótipo são responsáveis por alterar a manutenção da qualidade ao longo do armazenamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC, Fat Acidity and General Method. Method 02–01A: Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA (2000), pp. 11-12.

BRASIL, Instrução Normativa 11/2007, 2007a. Brasília, Brasil: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

BRASIL, Instrução Normativa 37/2007, 2007b. Brasília, Brasil: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

BRASIL. Regras para análise de sementes, 2009. Brasília, Brasil: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: SNDA/DNDV/CLAV, 399.

CAÑIZARES, L. C. C.; TIMM, N. S.; LANG, G. H.; GAIOSO, C. A.; FERREIRA, C. D.; DE OLIVEIRA, M. Effects of using wind exhausters on the quality and cost of soybean storage on a real scale. *Journal of Stored Products Research*, v. 93, 101834, 2021.

CAÑIZARES, L.C.C; TIMM, N.S.; GAIOSO, C.A.; MEZA, S.L.R.; HOFFMANN, J.F.; FERREIRA, C.D.; OLIVEIRA, M. Isoflavone profile identification and storage stability of different soybean genotypes sown at standard and late dates in a subtropical climate. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v. 51, p. 102739, 2023.

CONAB: Companhia nacional do abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, 11º Levantamento, V.10 - Safra 2022/23 - N.11 – 2023.

COULTATE, T. P. *Food: the Chemistry of its Components*, vols. 216–227. Royal Society of Chemistry, Cambridge, U.K, 2009.

CUNHA, J.P.A.R.; OLIVEIRA, P.; SANTOS, C.M.; MION, R.L. Soybean seed quality after harvesting with two types of harvester and two storage times. *Ciência Rural*, v. 39, p. 1420-1425, 2009.

FERREIRA, C. D.; ZIEGLER, V.; GOEBEL, J. T. S.; HOFFMANN, J. F.; CARVALHO, I. R.; CHAVES, F. C.; OLIVEIRA, M. Changes in phenolic acids and isoflavone contents during soybean drying and storage. *J. Agric. Food Chem.*, v. 67, p.1146-1155, 2019.

HOU, H. J.; CHANG, K. C. Interconversions of Isoflavones in Soybeans as Affected by Storage. *Journal of Food Science*, v. 67, p. 2083–2089, 2022.

KAUR, J.; RAMAMURTHY, V.; KOTHARI, R. M. Characterization of oat lipase for lipase for lipolysis of rice bran oil. *Biotechnology Letters*, v. 15, p. 257–262, 1993.

KESSLER, A. "Planting date, cultivar maturity, and environment effects on soybean yield and crop stage". Graduate Theses and Dissertations, 7482, 2019.

LIU, K.; MCWATTERS, K.H.; PHILLIPS, R.D. Protein insolubilization and thermal destabilization during storage as related to hard-to-cook defect in cowpeas. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, v. 40, p. 2483-2487, 1992.

MWIINGA, B.; SIBIYA, J.; KONDWAKWENDA, A.; MUSVOSVI, C.; CHIGEZA, G. Genotype x environment interaction analysis of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) grain yield across production environments in Southern Africa. *Field Crops Research*. v. 256, 107922, 2020.

NOZZOLILLO, C.; DE BEZADA, J. M. Browning of lentil seeds, concomitant loss of viability and the possible role of soluble tannins in both phenomena *Can. Journal Of Plant Science*, v. 64, p. 815-819, 1984.

RAMOS, A. H.; TIMM, N. S.; FERREIRA, C. D.; OLIVEIRA, M. Effects of the intensification of soybean defects: consequences on the physicochemical, technological, protein and oil properties. *European Food Research and Technology*, v. 247, p. 1277–1289, 2021.

SINCLAIR, T.R.; MARROU, H.; SOLTANI, A.; VADEZ, V.; CHANDOLU, C.K. Soybean production potential in Africa. *Global Food Security*, v. 3, p. 31-40, 2014.

SMANIOTTO, T.A.S.; RESENDE, O.; MARÇAL, K.A.F.; DE OLIVEIRA, D.E.K.; SIMON, G.A. Physiological quality of soybean seeds stored under different conditions. *Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering*, v. 18, 2014.

TIMM, N. S.; RAMOS, A. H.; FERREIRA, C. D.; RIOS, A. O.; ZAMBIAZI, R. C.; OLIVEIRA, M. Influence of germ storage from different corn genotypes on technological properties and fatty acid, tocopherol, and carotenoid profiles of oil. *European Food Research and Technology*, v. 247, p. 1449-1460, 2021.

ZIEGLER, V.; FERREIRA, C. D.; HOFFMANN, J. F.; DE OLIVEIRA, M.; ELIAS, M. C. Effects of moisture and temperature during grain storage on the functional properties and isoflavone profile of soy protein concentrate. *Food Chem.*, v. 242, p. 37-44, 2018.

ZIEGLER, V.; FERREIRA, C.D.; VANIER, N.L.; DOS SANTOS, M.A.Z.; DE OLIVEIRA, M.; ELIAS, M.C. Physicochemical and technological properties of soybean as a function of storage conditions. *Brazilian Journal of Food Research*, v. 7, 2016.