

Os grãos avariados influenciam na qualidade do óleo?

Maria Antônia Fagundes de Leon¹; Lázaro da Costa Corrêa Cañizares¹; Silvia Naiane Jappe¹; Brenda Dannenberg Kaster¹; Betina Bueno Peres¹; Silvia Rivero Meza¹; Maurício de Oliveira¹

RESUMO

Os grãos de soja (*Glycine max* L.) têm um papel crucial na alimentação humana e animal, sendo amplamente utilizado na indústria devido ao elevado teor de óleo (19–23%) e proteína (35–42%), bem como pela presença de compostos como ácidos fenólicos, isoflavonas, carotenoides e tocoferóis. A tipificação dos grãos de soja é dependente do teor de grãos avariados, sendo esses defeitos determinantes para a qualidade final dos produtos derivados. Porém, não há muitos estudos relacionando a intensificação dos defeitos em soja com a qualidade desses grãos. Com isso, o presente estudo objetivou avaliar a influência de diferentes teores de grãos avariados (0, 4, 6, 15, 30 e 60%) na qualidade do óleo e no teor de carotenoides totais. Com o acréscimo dos grãos avariados foi observado uma redução no rendimento de extração de óleo, luminosidade (valor L^*) e valor b^* , e um acréscimo da densidade, acidez, coeficientes de extinção específicos (K_{232} e K_{270}) e carotenoides totais. Com isso, evidencia-se os malefícios que os grãos avariados proporcionam na qualidade final do óleo, reduzindo o rendimento e tornando mais custoso o refino do mesmo.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.); Grãos avariados; Qualidade do óleo; Pós-colheita

INTRODUÇÃO

O grão de soja (*Glycine max* L.) é amplamente utilizado na indústria alimentícia, principalmente por seu alto teor de óleo (19-23%) e proteína (35-42%), além de possuir inúmeros outros constituintes utilizados na formulação de produtos (TAMAGNO et al., 2020; WIJEWARDANA et al., 2019). Como benefícios a saúde, a soja possui elevados teores de compostos metabólicos secundários, como ácidos fenólicos, isoflavonas, carotenoides e tocoferóis (KAN et al., 2018).

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

Durante o cultivo da soja, os grãos são submetidos a diferentes fatores bióticos e abióticos, os quais podem acarretar na formação de defeitos nos grãos (FENG et al., 2020; SHARMA et al., 2018). Esses defeitos podem ser intensificados nas etapas de pós-colheita, como no transporte, recepção, secagem e armazenamento dos grãos (CAÑIZARES et al., 2021). O elevado teor de grãos com defeitos (avariados) resultam na redução da qualidade dos constituintes da soja e de seus derivados (RAMOS et al., 2021).

As Instruções Normativas nº 11, de 15 de maio de 2007 e nº 37, de 27 de julho de 2007, estabelecem o regulamento técnico da soja, definindo o seu padrão oficial de classificação, com os requisitos de identidade e qualidade intrínseca e extrínseca, a amostragem e a marcação ou rotulagem (BRASIL, 2007a; BRASIL, 2007b). De acordo com essas instruções normativas, fica determinado um valor máximo de 4,0% de avariados para a soja tipo 1 (Grupo 1), 6,0% de avariados para a soja tipo 2 (Grupo 1) e 8% de avariados para o tipo "Padrão Básico" (Grupo 2). Os grãos avariados são compostos por grãos queimados, ardidos, mofados, fermentados, germinados, danificados, imaturos e chochos (BRASIL, 2007a; BRASIL, 2007b).

A comercialização da soja está relacionada à qualidade dos grãos, cuja avaliação é frequentemente baseada na incidência de defeitos (RAMOS et al., 2021), porém não foram realizados trabalhos específicos para relacionar os teores de grãos avariados com a qualidade de óleo da soja. Dessa forma, este estudo tem por objetivo avaliar o efeito de diferentes teores de grãos avariados nos parâmetros de qualidade do óleo e no teor de carotenoides totais.

MATERIAL E MÉTODOS

O lote de soja utilizado no estudo foi composto por diferentes genótipos, cultivados em regiões distintas, para obter uma amostra representativa da soja cultivada no Brasil. Após o recebimento do lote de soja, foi realizada a separação manual dos defeitos mofado, queimado, ardido e fermentado, de acordo 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; BRASIL, 2007b). Após a separação de defeitos, foi realizada a composição dos tratamentos utilizados no estudo (Tabela 1). O tratamento com 0% de avariados foi considerado sem a presença de grãos com incidência de defeitos, ou seja, grãos de soja sadios. Os tratamentos de 4 e 6% de avariados foram utilizados visando serem os valores máximos para a soja tipo 1 e 2 (Grupo 1), onde os teores de grãos queimados, mofados, ardidos e fermentados utilizados nesses tratamentos estão de acordo com o permitido pela legislação. Além disso, foram utilizados os tratamentos com 15, 30 e 60% de grãos avariados.

Tabela 1. Composição dos defeitos em cada tratamento utilizado no estudo

Tratamento	Queimado (%)	Mofado (%)	Ardido (%)	Fermentado (%)
0 % de avariados	0,00	0,00	0,00	0,00
4 % de avariados	0,30	0,50	0,70	2,50
6 % de avariados	1,00	1,50	1,00	2,50
15 % de avariados	2,50	3,75	2,50	6,25
30 % de avariados	5,00	7,50	5,00	12,50
60 % de avariados	10,00	15,00	10,00	25,00

Os grãos (100g) foram moídos em moinho laboratorial (Pertin 3100, Pertin Instruments, Huddinge, Sweden), com tamanho de 35 mesh e em seguida o óleo foi extraído com hexano, utilizando um aparelho de sohxlet. O rendimento de extração foi calculado pela relação entre o peso dos grãos (100g) e o teor de óleo obtido após a extração. A densidade foi obtida em proveta graduada. O perfil colorimétrico foi obtido através de um LOVIBOND PF880 (TINTOMETER) e os parâmetros analisados foram o valor L^* (0 = preto e 100 = branco), o valor b^* (negativo = azul e positivo = amarelo) e o valor a^* (negativo = vermelho e positivo = verde).

O índice de acidez do óleo foi determinado utilizando o procedimento titulométrico, descrito no método AACC 02-01^a (AACC, 1995). Os coeficientes de extinção específicos foram determinados de acordo com Ziegler et al. (2017). A absorvância das soluções foi medida utilizando um espectrofotômetro (Jenway, 6705 UV/Vis) a 232 e 270 nm. As absorvâncias foram utilizadas para determinar os coeficientes de extinção específicos (K_{232} e K_{270}). O teor de carotenoides totais foi obtido por espectrofotômetro no comprimento de onda de 450 nm, de acordo com Rodriguez-Amaya (2001).

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 teores de grãos avariados foi realizada pelo teste de Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

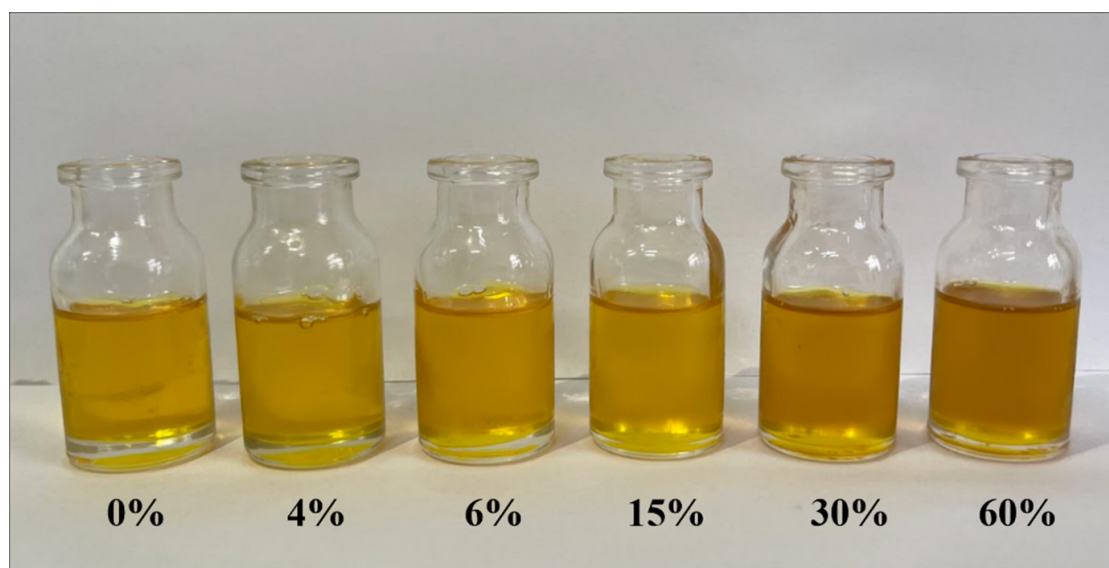
Os resultados de rendimento de extração, densidade e perfil colorimétrico do óleo de soja estão apresentados na Tabela 2. A análise de variância mostrou efeitos significativos ($P < 0,05$) do teor de avariados para todas as análises. Com o aumento do teor de grãos avariados foram observados uma redução no rendimento de extração, valor L^* e b^* , e um acréscimo da densidade e valor a^* .

Tabela 2. Rendimento de extração, densidade e perfil colorimétrico de óleo de soja com diferentes teores de grãos avariados

Avariados	Rendimento de extração (%)	Densidade (g.mL ⁻¹)	Valor L*	Valor a*	Valor b*
0 %	19,01±0,20A	0,821±0,09C	74,85±0,63A	7,31±1,57A	118,21±1,21A
4 %	18,90±0,26A	0,844±0,06B	72,87±1,05A	9,25±2,24A	114,29±1,78A
6 %	19,10±0,37A	0,853±0,04B	72,42±0,43A	11,97±1,67AB	115,19±0,86A
15 %	18,22±0,14B	0,883±0,07A	70,28±0,47B	13,35±1,75B	112,29±1,10B
30 %	17,74±0,23C	0,882±0,07A	61,13±0,76C	16,12±1,48C	100,09±1,41C
60 %	16,56±0,03D	0,893±0,03A	49,70±0,52D	16,35±0,32C	82,83±1,02D

As letras maiúsculas comparam entre os diferentes teores de grãos avariados.

A redução do rendimento de extração está relacionada à degradação dos lipídios (hidrólise, oxidação e rancificação), devido a ação das enzimas lipase e lipoxigenase, as quais degradam os triacilgliceróis, resultando em alterações no perfil de ácidos graxos (BUCHANAN et al., 2015; WRIGLEY et al., 2017). Essas alterações na constituição do óleo de soja com elevados teores de grãos avariados, propiciam a síntese de ácidos graxos de alto peso molecular e outros compostos indesejáveis, acarretando em um aumento na densidade do óleo. Com isso, eleva-se o custo de refino pela indústria, além de reduzir o rendimento do óleo refinado (OLIVEIRA et al., 2020).

**Figura 1.** Óleo extraído de grãos de soja com diferentes teores de defeitos (%).

As alterações no perfil colorimétrico decorrentes do acréscimo de grãos avariados resultaram na perda da coloração amarela característica do óleo de soja, apresentando colorações mais escuras (tonalidades marrons) (Figura 1). O escurecimento do óleo ocorreu devido a reações de carbonização (grãos queimados) e reações bioquímicas de escurecimento enzimático e não enzimático (BUCHANAN et al., 2015).

Os resultados de acidez, coeficiente de extinção específicos (K_{232} e k_{270}) e carotenoides totais de soja com diferentes teores de grãos avariados estão expressos na Tabela 3. A análise de variância mostrou efeitos significativos ($P < 0,05$) do teor de avariados para todas as análises. Com o aumento do teor de grãos avariados foram observados acréscimo na acidez, coeficiente de extinção específicos (K_{232} e K_{270}) e carotenoides totais.

Tabela 3. Acidez, coeficientes de extinção específicos (K_{232} e K_{270}) e carotenoides totais de óleo de soja com diferentes teores de grãos avariados.

Avariados	Acidez (mg KOH g ⁻¹)	K_{232}	K_{270}	Carotenoides totais (ug.g ⁻¹)
0 %	24,53±0,67A	0,663±0,05A	0,297±0,03A	24,22±0,93C
4 %	28,21±0,34B	0,789±0,04B	0,321±0,00B	24,54±0,22C
6 %	42,82±0,55C	0,802±0,08B	0,453±0,04C	24,58±1,04C
15 %	56,66±2,32D	0,934±0,04C	0,510±0,03C	38,00±0,94B
30 %	105,74±2,78E	0,941±0,09C	0,734±0,04D	40,22±1,56B
60 %	171,06±2,68F	0,999±0,06D	0,825±0,04E	46,64±0,98A

As letras maiúsculas comparam entre os diferentes teores de grãos avariados.

O aumento da acidez é causado pelo aumento da concentração de ácidos graxos livres, resultante da ação de enzimas lipases, as quais causam a hidrólise de triacilgliceróis. A intensificação dos defeitos pode estar relacionada ao aumento da atividade desta enzima, devido ao metabolismo acelerado dos grãos, causando ruptura celular e a degradação do óleo (WRIGLEY et al., 2017). Esses resultados estão de acordo com Ramos et al. (2021), o qual analisou a qualidade do óleo extraído de grãos de soja sadios e grãos completamente fermentados. Esses autores observaram um acréscimo da acidez do óleo de 3,60 para 52,20 mg KOH g⁻¹, quando analisado o óleo de grãos sadios e fermentados, respectivamente.

Os coeficientes de extinção específicos são os produtos gerados a partir das reações de degradação do óleo. O coeficiente K_{232} indica a presença de produtos de oxidação primária (peróxidos, hidroperóxidos e dienos conjugados), enquanto K_{270} indica a presença de produtos de oxidação secundária (trienos conjugados e compostos do grupo carbonila) (ISSAOUI et al., 2011). Os resultados de K_{232} e K_{270} estão de acordo com a acidez do óleo, em que o aumento do teor de grãos avariados proporciona maior nível de acidez e degradação do óleo, impulsionando a síntese dos coeficientes de extinção específicos. À medida que os defeitos se intensificam, a oxidação do óleo promove a conversão de compostos de oxidação primária em produtos de oxidação secundária, resultando em valores mais elevados de K_{270} (RAMOS et al., 2021). Esse comportamento pode ser atribuído à maior atividade da lipase, que aumenta o teor de ácidos graxos livres, facilitando a ação das enzimas lipoxigenases.

Em relação aos carotenoides totais, o aumento observado está relacionado a maior facilidade de extração dos carotenoides em óleos provenientes de grãos de soja com elevados teores de grãos avariados (OLIVEIRA, 2020). A desestruturação celular, ocasionada pela degradação do grão com altos teores de defeitos, permite maior rendimento de extração dos carotenoides do óleo (TIMM et al., 2023).

Conclui-se, portanto, que a presença de grãos avariados na soja tem impactos negativos na qualidade do óleo extraído, com redução no rendimento e aumento de parâmetros indicativos de deterioração. Além disso, a presença elevada de grãos avariados também parece aumentar o teor de carotenoides totais, o que pode ser considerado um efeito benéfico. Isso ressalta a importância do controle da qualidade dos grãos de soja desde a colheita até o processamento, a fim de garantir produtos finais de alta qualidade tanto para consumo humano quanto para uso indústria.

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.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. Biochemistry & Molecular Biology of Plants. 2. ed. Chichester, UK: Wiley Blackwell, v. 53, 2015.

CAÑIZARES, L. C. C.; TIMM, N. S.; LANG, G. H.; GAIOSO, C. A.; FERREIRA, C. D.; 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.

ISSAOUIM.; FLAMINI, G.; HAJAIJ, M.E. Evolução oxidativa de azeites virgins e aromatizados sob processos de termo-oxidação. JAOCS, J Am Oil Chem Soc 88: 1339–1350, 2011.

MBA, O. I.; DUMONT, M. J.; NGADI, M. Thermostability and degradation kinetics of tocochromanols and carotenoids in palm oil, canola oil and their blends during deepfat frying. LWT - Food Science and Technology, v. 82, p. 131–138, 2017.

OLIVEIRA, Maurício; FERREIRA, Cristiano; ZIEGLER, Valmor. Tecnologia industrial de grãos e derivados. 2020.

PARAGINSKI, R. T. Starch and flour from defective rice kernels and their physicochemical properties. *Starch/Staerke*, v. 66, p. 1–9, 2014.

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.

RAMOS, AH, DA SILVA TIMM, N, FERREIRA, CD, ET AL. Effects of the intensification of soybean defects: Degradation metabolism of carbohydrates, organic acids, proteins, lipids, and phenolics. *J Food Process Preserv*, v. 45, e15516, 2021.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. A guide to carotenoid analysis in food. Washington: International Life Sciences Institute, 2001. 64 p.

TAMAGNO, S.; AZNAR-MORENO, J.A.; DURRETT, T.P.; PRASAD, P.V.; ROTUNDO, J.L.; CIAMPITTI, I.A. Dynamics of oil and fatty acid accumulation during seed development in historical soybean varieties. *Field Crops Research*, 248, p.107719, 2020.

TIMM, N.S; CORADI, P.C.; FERREIRA, C.F; RAMOS, A.H.; SCHWAB, M.P.; OLIVEIRA, M. Effects of drying temperature of corn from the center and extremities of the corncob on drying parameters, protein and starch properties, and carotenoid profile. *Food Research International*, v. 163, p. 112267, 2023.

WRIGLEY, C. *Encyclopedia of Food Grains*. 2. ed. Amsterdam: Lisa Tickner, 2016.

ZIEGLER V.; FERREIRA, C.D.; CRIZEL CARDOZO MM et al (2017) Pigmented rice oil: changes in oxidative stability and bioactive compounds during storage of whole grains. *J Food Process Preserv* 41:1–7.