



COMPOSIÇÃO MINERAL DO TRIGO-DURO E SUAS SÊMOLAS

A moagem convencional do trigo-duro é um processo crítico que afeta as concentrações de elementos minerais em produtos alimentares derivados deste cereal. As camadas exteriores do grão e o gérmen são removidos neste processo, e, com eles, os macro e microelementos preferencialmente acumulados nestas zonas do grão. O grau de perda varia em função do elemento, das condições de moagem e até da variedade.

Enquadramento

Nos países ocidentais, o trigo-duro é maioritariamente consumido na forma de sêmolas que se destinam ao fabrico de massas alimentícias. No processo de produção de sêmolas são removidas algumas partes do grão (farelo e gérmen), o que provoca uma redução acentuada ao nível de fibras, vitaminas do complexo B, vitamina E, antioxidantes, fitoquímicos, lípidos e minerais. Estes nutrientes têm um papel importante para o bom funcionamento do nosso organismo e na prevenção de diversos tipos de problemas de saúde: colesterol, diabetes do tipo 2, doenças do trato digestivo, cardiovasculares e alguns tipos de cancro [Whole Grains – The Nutrition Source (harvard.edu)].

Ao nível dos minerais, a produção de sêmolas pode provocar uma redução significativa dos diversos macro e microelementos, já que estes se localizam preferencialmente nas camadas mais externas do grão e são perdidos no farelo, especialmente no caso do manganês, ferro, magnésio e zinco, com concentrações relativamente baixas no endosperma (Grant *et al.*, 2012).

A forma, a textura e a dimensão do grão (com elevado determinismo genético), bem como as condições técnicas de moagem, com destaque para a taxa de extração, condicionam a extensão da perda de minerais (Cubadda *et al.*, 2009). Esta perda também varia em função do elemento considerado, podendo atingir valores de cerca de 65% para o ferro, magnésio e zinco e cerca de 76% para o manganês (Grant *et al.*, 2012).

Segundo estes autores, a retenção de nutrientes nas farinhas após moenda convencional segue a seguinte ordem: $Se > Mo > Ca > Cu > P \approx K > Fe \approx Mg \approx Zn > Mn$.

O trabalho aqui apresentado foi desenvolvido no âmbito do “GO – Valorização do Trigo-Duro de Qualidade Superior para o Fabrico de Massas Alimentícias”. Pretendeu-se avaliar qual/quais os elementos minerais mais afetados no processo de produção de sêmolas e quantificar o grau de perda de nutrientes, comparando a concentração dos principais macro e microelementos nas sêmolas e respetivos grãos que lhe deram origem.

Ana Sofia Bagulho^{1,3}, José Moreira¹, Rita Costa^{1,3}, Nuno Pinheiro^{1,3}, Conceição Gomes¹, Mónica Caldeira¹, José Dôres², Manuel Patanita^{2,3}, Roberta Leitão⁴, Mauro Guerra⁴, Benvindo Maças^{1,3}

¹ Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária



² IPBeja/ESA – Instituto Politécnico de Beja, Escola Superior Agrária, Departamento de Biociências



³ GeoBioTec – Universidade Nova de Lisboa



⁴ LIBPhys-UNL – Universidade Nova de Lisboa



Ensaio experimental

Instalou-se nos campos experimentais do Instituto Politécnico de Beja um ensaio com dez variedades de trigo-duro, delineado em blocos casualizados, com três repetições e uma densidade de sementeira de 350 grãos viáveis/m². Utilizaram-se quatro variedades portuguesas oriundas do programa de melhoramento de cereais do INIAV, I.P. (Bridão, Fado, Gingão, Vadio), três variedades espanholas (Arcoduro, Don Ricardo, Trimulato) e três variedades italianas (Antalis, Aventadur, Kenobi).

No final da campanha foram produzidas sêmolas por moagem laboratorial (*Chopin CD2, France*) e peneiração (*Chopin Rotachoc, France*), após condicionamento do trigo a 17,5% de humidade. Foi ainda reservada uma parte do grão para ser triturada de modo integral noutra moimho (*Foss Cyclotec 1093, Dinamarca, crivo de 0,5 mm*).

Os dois tipos de amostras (trigo e sêmolas) foram submetidos a uma análise de composição mineral por espectrometria de fluorescência de raios X (XRF). Esta metodologia de análise elementar permite a análise simultânea dos principais minerais do trigo (com exceção do magnésio, sódio, alumínio), sendo ainda uma técnica rápida, de fácil execução e custo reduzido (Cardoso *et al.*, 2018). A metodologia utilizada encontra-se descrita em Moreira *et al.* (2024).

Clima

Na Figura 1 apresentam-se as condições meteorológicas, precipitação, temperaturas máximas e mínimas diárias, ocorridas durante o desenvolvimento das variedades estudadas (sementeira – 07/12/2017, maturação fisiológica – 20/06/2018). Foi um ano bastante temperado: as médias mensais das temperaturas máximas rondaram os 16 °C nos meses de inverno (dezembro, janeiro, fevereiro) e as médias mensais das temperaturas mínimas rondaram os 5 °C. Nos meses de primavera, a média das temperaturas máximas foi de 16 °C em março, 19 °C em abril e 24 °C em maio, e só ocorreram dez dias de temperaturas máximas acima de 25 °C no mês de maio.

A precipitação total ocorrida ao longo do ano foi de 518 mm, tendo-se realizado algumas regas adicionais nos meses em que se verificou maior défice de precipitação: fevereiro (34 mm), abril (25 mm), maio (68 mm) e início de junho (17 mm), esta última porque o ciclo da cultura estava atrasado.

Ao ser um ano agrícola temperado e com disponibilidade hídrica durante todo o ciclo da cultura permitiu um correto desenvolvimento do grão de todas as variedades, que apresentaram bons valores de peso de mil grãos (resultados não apresentados) e, por conseguinte, uma normal deposição de minerais no grão.

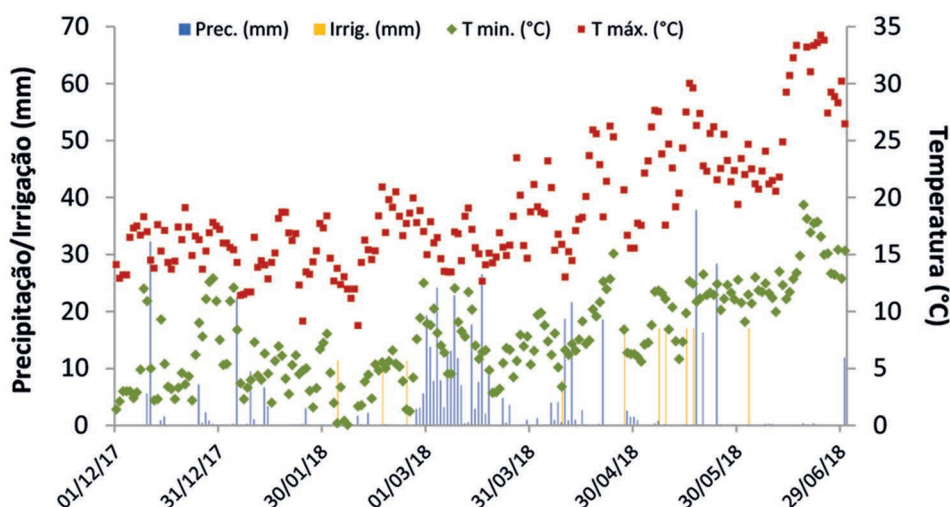


Figura 1 – Temperaturas, precipitação e irrigação registadas em Beja durante o ciclo da cultura.

Resultados

Composição mineral do grão e das sêmolas

Na Figura 2 representa-se a composição dos macroelementos potássio (K), fósforo (P), enxofre (S), cálcio (Ca) e cloro (Cl) identificados ao nível do grão e das sêmolas, para cada uma das variedades do ensaio. Os elementos detetados em maior concentração no grão foram o potássio (concentração média de 4,90 g/kg) e o fósforo (concentração média de 2,06 g/kg), seguindo-se o enxofre, o cálcio e o cloro com concentrações muito próximas (iguais ou inferiores a 0,6 g/kg). Esta tendência manteve-se nas sêmolas, mas com valores de concentração inferiores.

As variedades apresentaram diferenças significativas entre si no que diz respeito aos elementos analisados no grão. Aventadur foi a que possuiu maior teor de potássio, Kenobi de fósforo e enxofre e Gingão de cálcio e cloro.

Ao nível das sêmolas, as diferenças foram um pouco menos acentuadas, destacando-se o Aventadur e o Bridão com maiores concentrações de potássio, o Trimulato e o Kenobi com maiores concentrações

de enxofre, o Aventadur e o Gingão com maiores teores de cálcio e cloro. A concentração de fósforo nas sêmolas não apresentou diferenças significativas entre variedades.

Na Figura 3 representa-se a composição dos microelementos ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu), determinados ao nível do grão e das sêmolas, para cada uma das variedades do ensaio. As concentrações médias do grão do ensaio em ferro (42,8 mg/kg), zinco (29,9 mg/kg), manganês (37,7 mg/kg) foram muito próximas e um pouco superiores às de cobre (7,9 mg/kg).

As variedades apresentaram diferenças significativas entre si no que diz respeito às concentrações de ferro, manganês e cobre do grão, mas não em relação ao zinco. O Trimulato possuiu maiores teores de ferro e manganês, enquanto o Kenobi possuiu maior teor de cobre.

Ao nível das sêmolas, as diferenças entre variedades foram menores, só sendo significativas para o ferro e manganês, onde a variedade que mais se destacou foi o Trimulato, tal como no grão.

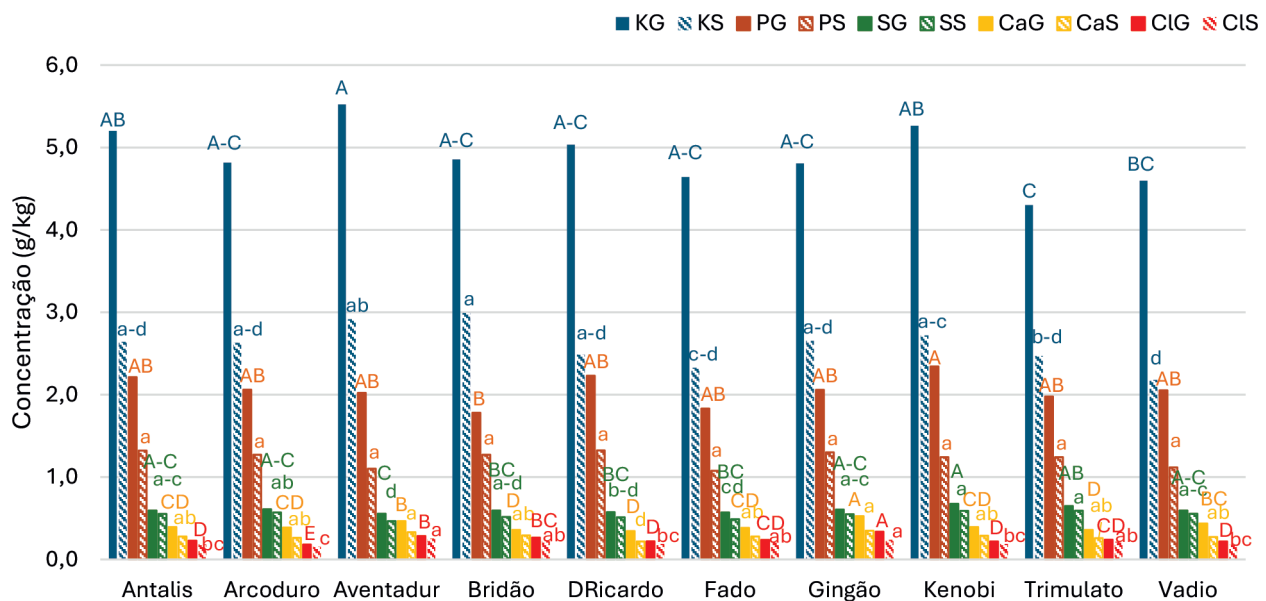


Figura 2 – Composição média em macromelementos minerais para cada uma das variedades do ensaio: elementos detetados no grão (KG – potássio, PG – fósforo, SG – enxofre, CaG – cálcio, CIG – cloro), elementos detetados nas sêmolas (KS – potássio, PS – fósforo, SS – enxofre, CaS – cálcio, CIS – cloro). A comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey: letras maiúsculas diferentes da mesma cor representam diferenças significativas entre variedades na composição desse elemento no grão, letras minúsculas diferentes da mesma cor representam diferenças significativas entre variedades na composição desse elemento nas sêmolas.

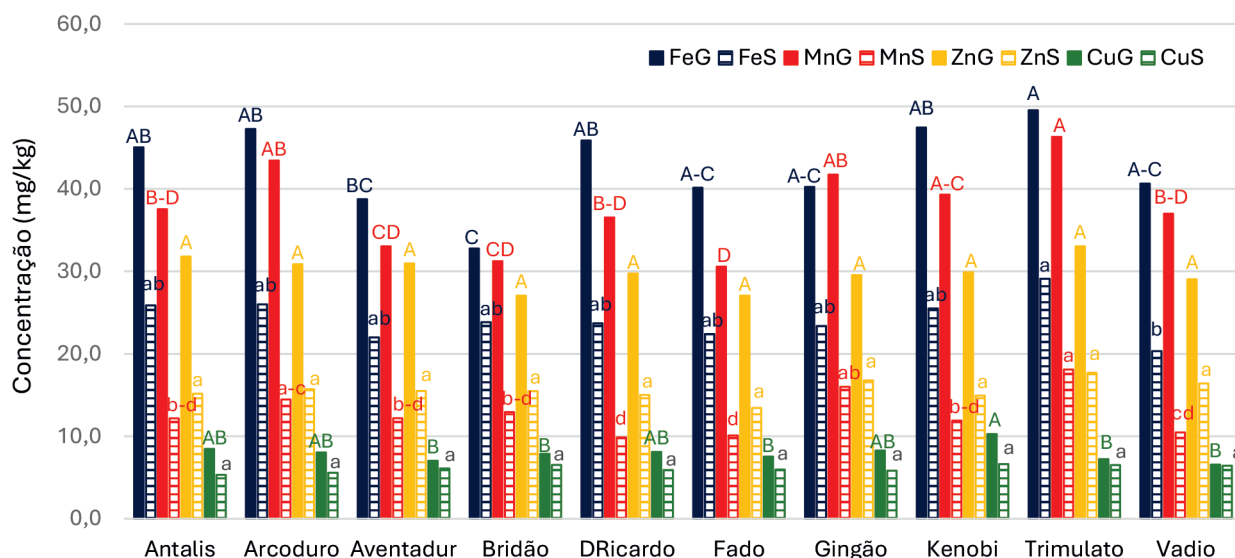


Figura 3 – Composição média em microelementos minerais para cada uma das variedades do ensaio: elementos detetados no grão (FeG – ferro, MnG – manganês, ZnG – zinco, CuG – cobre), elementos detetados nas sêmolas (FeS – ferro, MnS – manganês, ZnS – zinco, CuS – cobre). A comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey: letras maiúsculas diferentes da mesma cor representam diferenças significativas entre variedades na composição desse elemento no grão, letras minúsculas diferentes da mesma cor representam diferenças significativas entre variedades na composição desse elemento nas sêmolas.

Perda de minerais nas sêmolas

Na Tabela 1 apresentam-se as concentrações médias de macro e microelementos do ensaio, detetados no grão e respetivas sêmolas, bem como a percentagem que se perdeu de cada elemento quando se compara a sua concentração nas sêmolas com a concentração no grão que lhe deu origem.

A análise detalhada da Tabela 1 revela que quando o trigo-duro é consumido na forma de sêmolas se perde uma quantidade muito significativa de todos os elementos minerais. Ao nível dos macroelementos, as perdas foram em média superiores a 40% para os elementos mais abundantes (potássio e fósforo) e um pouco menos acentuadas no caso do cálcio (29,8%), enxofre (10,5%) e cloro (15,6%). No caso do enxofre, é provável que este esteja mais uniformemente distribuído pelo grão quando comparado com outros minerais, devido à sua íntima relação com a composição das proteínas do glúten localizadas no endosperma. O cálcio também se encontra mais distribuído estando 50% no endosperma. Já o fósforo ocorre maioritariamente na forma de ácido fítico e seus sais, enquanto

o potássio se encontra intimamente relacionado com o fósforo e o magnésio, pois compõem a maioria dos fitatos encontrados no grão (Cubadda *et al.*, 2009).

Nos micronutrientes o cenário repetiu-se, sendo as perdas de manganês as mais acentuadas (66,0%), seguindo-se as de zinco (47,7%), de ferro (43,0%) e, por último, as de cobre (22,3%). Estes resultados estão de acordo com os resultados de Grant *et al.* (2012) e com o facto de o manganês, o zinco e o ferro estarem maioritariamente acumulados nas camadas mais externas do grão (aleurona) e também no gérmen (no caso do zinco).

Em termos de variedades, as sêmolas do Bridão apresentaram menores perdas da maioria dos macro e microelementos (K, P, Ca, Fe, Mn e Zn), seguindo-se as sêmolas do Vadio para o S e o Cu. Já as variedades com maiores perdas de elementos nas sêmolas variaram consoante o elemento em causa: maiores perdas de K, Ca e Fe ocorreram no Vadio, de P no Kenobi, de S no Aventadur, de Cl no Gingão, de Mn no Don Ricardo, de Zn e Cu no Antalis. Estes resultados podem estar relacionados com a

Tabela 1 – Composição dos elementos minerais no grão e nas sêmolas do ensaio (média ± desvio-padrão). As colunas mais à direita representam a perda percentual observada na composição das sêmolas comparativamente ao grão (média, mínimo e máximo), bem como as variedades que apresentaram os valores mínimos e máximos

Macro/ Microelementos	Concentração (g ou mg/kg)		Perda (%)		
	Grão	Sêmolas	Média	Min	Máx
K	4,90±0,43	2,60±0,28	46,9	38,4 (Bridão)	52,6 (Vadio)
P	2,06±0,23	1,23±0,13	40,1	28,7 (Bridão)	47,0 (Kenobi)
S	0,60±0,04	0,54±0,05	10,5	6,6 (Vadio)	16,1 (Aventadur)
Ca	0,40±0,06	0,28±0,04	29,8	18,3 (Bridão)	37,3 (Vadio)
Cl	0,24±0,04	0,20±0,03	15,6	9,5 (Fado)	28,6 (Gingão)
Fe	42,76±5,70	24,21±3,45	43,0	27,3 (Bridão)	50,0 (Vadio)
Mn	37,67±5,58	12,82±2,84	66,0	58,6 (Bridão)	73,0 (Don Ricardo)
Zn	29,90±2,65	15,61±1,72	47,7	42,9 (Bridão)	52,3 (Antalis)
Cu	7,94±1,17	6,08±0,89	22,3	2,0 (Vadio)	37,0 (Antalis)

Macroelementos: K – potássio, P – fósforo, S – enxofre, Ca – cálcio, Cl – cloro, concentração em g/kg; Microelementos: Fe – ferro, Mn – manganês, Zn – zinco, Cu – cobre, concentração em mg/kg. N = 10 variedades × 3 repetições = 30

proporção de cada elemento nas secções do grão de trigo, que dependem do genótipo.

Conclusões

A moagem convencional é um processo crítico que afeta as concentrações de elementos minerais em produtos alimentares derivados do trigo. As camadas exteriores do grão e o gérmen são removidos neste processo, e, com eles, os elementos preferencialmente acumulados nestas zonas do grão.

Neste trabalho verificou-se que a perda percentual nas sêmolas varia em função do elemento considerado, sendo mais acentuada no manganês, seguindo-se o zinco, potássio, ferro e fósforo, com valores muito semelhantes, cálcio e cobre, com valores um pouco inferiores, e, por último, o cloro e o enxofre. Apesar de estes resultados não poderem ser generalizados, porque as condições de moenda e a própria variedade interferem no processo, é inquestionável que o consumo de produtos refinados leva a uma perda significativa de nutrientes, em particular de minerais. 🍷

Bibliografia

- Cardoso, P.; Mateus, T.C.; Velu, G.; Singh R.P.; Santos, J.P.; Carvalho, M.L.; Lourenço, V.M.; Lidon, F.; Reboredo, F.; Guerra, M. (2018). Localization and distribution of Zn and Fe in grains of biofortified bread wheat lines through micro- and triaxial-X-ray fluorescence spectrometry. *Spectrochim Acta B.*, **141**:70–79.
- Cubadda, F.; Aureli, F.; Raggi, A.; Carcea, M. (2009). Effect of milling, pasta making and cooking on minerals in durum wheat. *J. Cereal Sci.*, **49**(1):92–97.
- Grant, C.; Cubadda, F.; Carcea, M.; Pogna, N.E.; Gazza, L. (2012). Vitamins, minerals, and nutritional value of durum wheat. In: *Durum Wheat*, M. Sissons, J. Abecassis, B. Marchylo, and M. Carcea, Eds., pp. 125–137, AACC International Press, 2nd edition.
- Moreira, J.; Rodrigo, S.; Pinheiro, N.; Costa, R.; Gomes, C.; Costa, A.; Dôres, J.; Patanita, M.; Maças B.; Leitão, R.; Guerra, M.; Bagulho, A.S. (2024). Durum wheat kernel: Influence of the genotype and environment in the mineral profile of grain and ashes. *J. Cereal Sci.* (em publicação).

Agradecimentos

Este estudo foi suportado pelo projeto *Valorização do Trigo Duro de Qualidade Superior para o Fabrico de Massas Alimentícias*, Ação 1.1 – Grupos Operacionais, PDR2020.