Obsah bílkovin (EXT 11,4 %, INT 12,5 %) byl i přes vysoký dosažený výnos vyšší než např. v roce 2024 s výrazně nižším výnosem (průměr technologií 9,9 t/ha). Přírůstek obsahu NL v INT (+1,1 %) patří v řadě pokusných let k mírně nižším (průměr let +1,6 %), nejvyšší byl v roce 2017 (+3,4 %), kdy však zvýšení intenzity nemělo téměř žádný efekt na výnos (pouze +2 %). Velmi malý rozdíl v obsahu NL mezi technologiemi (+0,2 %) byl pozorován v roce 2020, přírůstek výnosu ovšem činil +34 %, což je nejvíce za pokusnou řadu let. Je třeba vzít v úvahu, že technologie se liší kromě úrovně hnojení také dalšími vstupy, a to fungicidy a růstovými regulátory, což se projevuje různě v závislosti na ročníku, podle průběhu počasí a tlaku chorob. Korelace mezi přírůstkem NL a obsahem NL v EXT je výrazně záporná (korelační koeficient -0,58), což stejně jako u výnosu ukazuje, že zvýšení intenzity se na obsahu NL více projevilo v letech s nízkým obsahem bílkovin v EXT.

Kvalita bílkovin, vyjádřená Zelenyho sedimentačním testem, byla v odrůdových pokusech roku 2025 lepší než v letech 2024 a 2023. Přírůstek 5 ml v INT patří stejně jako u obsahu bílkovin k nižším, přesto to byl hlavní důvod zlepšení kvality u téměř pětiny odrůd v intenzivní technologii z krmné na potravinářskou. V průměru let byl přírůstek v INT +9 ml, nejvíce v roce 2017 (+17 ml), nejméně +2 ml (2022).

Číslo poklesu bylo v roce 2025 nejnižší za sledovanou řadu let (průměr technologií 312 s), s určitým rozdílem mezi technologiemi (INT +11 s). Odpovídá to deštivému průběhu počasí v předsklizňovém období, kdy od začátku července do sklizně (29.7.2025) spadlo celkem 92 mm srážek a deštivých bylo 15 červencových dnů. Přesto požadavek normy pro potravinářskou pšenici (min 220 s) splnilo 90 % odrůd a tři čtvrtiny odrůd mělo více než 300 s.

Deštivé počasí v závěru vegetace se pravděpodobně také podepsalo na celkově nízké OH, která byla pod průměrem předcházejících let, a to zejména v INT technologii (2025: 75,9 kg/hl, průměr 2014–2024: 79,2 kg/hl). Zvýšení intenzity se na OH téměř vůbec neprojevilo a přírůstek v INT +0,1 kg/hl je nejnižší za sledovanou řadu let (průměr 2014–2024: +2,3 kg/hl, min + 0,7 kg/hl v roce 2015, max +6,5 kg/hl v roce 2020). Kromě deštivého počasí se na nízké OH mohly podílet i faktory spojené s vysokým dosaženým výnosem.

Závěr

Průběh vegetace v roce 2025 byl pro ozimou pšenici příznivý a v odrůdovém pokuse byl dosažen jak vysoký výnos, tak také dobrá kvalita, zejména s ohledem na obsah a kvalitu bílkovin. Odpovídá to také výsledkům hodnocení kvality pšenice sklizené v roce 2025 v ČR obecně. Vyšší úroveň technologie pěstování měla u většiny odrůd pozitivní dopad. V intenzivní technologii byl v průměru odrůd vyšší výnos (+ 10 %), obsah NL (+1,1 %), SEDI (+5 ml) a číslo poklesu (+11 s). Objemová hmotnost byla u obou technologií srovnatelná a celkově byla v pokusu velmi nízká. U přibližně pětiny odrůd došlo při zvýšení úrovně technologie pěstování ke zlepšení kvality pšenice z krmné na potravinářskou.
(Recenzováno)

Poděkování

Výsledky byly získány s využitím institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace Agrotestu fyto, s.r.o. (MZE-RO1123).

Literatura

Horáková, V., Dvořáčková, O., Nečas, M. (2025): Seznam doporučených odrůd 2025. Přehled odrůd 2025. ÚKZÚZ Brno.

Polišenská, I., Jirsa, O., (2025): Kvalita obilovin ze sklizně 2025. Mlynářské noviny, 36(4), 2–7.

Pšenice – nutričně významná potravina – 2. část: Mikroživiny

(Wheat – nutritionally important food – Part 2: Micronutrients)

Pavlína Podloucká, Ivana Polišenská
Agrotest fyto, s.r.o., Havlíčkova 2787/121, Kroměříž

Souhrn: Pšenice (latinsky *Triticum*) patří mezi základní potraviny poskytující značnou část potřebné energie a základních živin ve stravě, jako jsou sacharidy (škrob, vláknina), tuky a bílkoviny. Nicméně vedle základních živin jsou v zrnu přítomné látky, které jsou zastoupeny v daleko nižších koncentracích, ale jsou nezbytné pro správnou funkci živých organismů. Zrno pšenice je důležitý zdroj minerálních látek, a to jak (i) makroprvků (Ca, P, Mg, K), tak i (ii) mikroprvků (Fe, Zn, Mn, Cu, Se a další). Dále v zrnu najdeme vitamíny skupiny B, které hrají nezastupitelnou roli v celé řadě metabolických dějů, a v klíčku vitamín E, který patří mezi nejznámější antioxidanty. Dalšími látkami s antioxidační aktivitou jsou karotenoidy, které jsou zodpovědné za nažloutlý odstín mouky, a také polyfenolické sloučeniny, jejichž pozitivní vliv na zdraví je v poslední době hojně studován. Všechny zmíněné látky se nacházejí zejména v obalových vrstvách zrna pšenice (otruby) a v klíčku. Proto pokud je chceme plně využít k našemu prospěchu, je vhodné dávat přednost celozrnné variantě potravin.
Klíčová slova: pšenice, mikroživiny, minerální látky, vitamín E, vitaminy skupiny B, polyfenolické látky

Abstract: Wheat (Triticum) is a staple food, providing a significant portion of the necessary energy and essential nutrients in the diet. These include carbohydrates (starch and fiber), fats, and proteins. In addition, the grain contains substances that are present in much lower concentrations, but they are still essential for the proper functioning of living organisms. Wheat grains are a good source of minerals, both macroelements (Ca, P, Mg, K, and others) and microelements (Fe, Zn, Mn, Cu, Se, and others). The grain also provides B vitamins, which are indispensable in various metabolic processes. The germ is rich in vitamin E, one of the most well-known antioxidants. Other antioxidant substances include carotenoids, which give flour its yellow tint, and polyphenolic compounds, whose positive effects on human health have been widely studied. All of these substances are mainly found in the outer layers of the wheat grain (bran) and in the germ. Therefore, to maximize their positive effects, it is advisable to choose whole-grain foods.
Key Words: wheat, micronutrients, minerals, vitamin E, vitamins of B group, polyphenols

Úvod:

Pšenice (latinsky *Triticum*) patří mezi základní potraviny a ve výživě člověka hraje důležitou roli už několik tisíciletí. Díky své dobré adaptabilitě, vysoké produktivitě, dobré skladovatelnosti a zejména kvalitativním parametrům se pšenice stala celosvětově druhou nejvíce pěstovanou plodinou. Na poli se nejčastěji setkáváme s odrůdami pšenice seté (*T. aestivum*), používanými hlavně pro pekařské účely, a odrůdami pšenice tvrdé (*T. durum*), používanými pro výrobu těstovin. Nicméně v poslední době roste zájem o nové a zdravé potraviny, a proto získávají pozornost i tzv. „starší" druhy pšenice jako je špalda, jednozrnka a dvouzrnka. U pšenice se můžeme setkat s celou řadou klasifikací, které odráží jejich různé vlastnosti. Podle přítomnosti pigmentu v obalových vrstvách zrna se můžeme setkat s odrůdami pšenice s bílou, červenou, modrou, purpurovou či černou barvou zrna. Podle množství bílkovin a odolnosti zrna vůči mletí se dělí na tvrdé a měkké pšenice a podle způsobu vegetace na ozimé a jarní odrůdy. Z genetického hlediska se pšenice rozlišují podle počtu chromozómů. Pšenice jednozrnka je diploid, tj. má dvě sady chromozómů, pšenice dvouzrnka a tvrdá pšenice jsou tetraploidy (čtyři sady chromozómů), a pšenice setá a špalda jsou hexaploidní, mají tudíž šest sad chromozómů (Brouns a kol. 2022).

Diskuze o tom, který druh pšenice je z nutričního hlediska hodnotnější, se vede dlouho, ale jasná odpověď doposud chybí. První část článku, která vyšla v Obilnářských listech 1/2026, jsme věnovali makroživnám v pšenici, tj. sacharidům, bílkovinám a tukům. Bylo konstatováno, že všechny druhy pšenice jsou dobrým zdrojem energie, která je v zrnu uložena zejména v podobě škrobu. Škrob je polysacharid, který se skládá ze dvou různých frakcí a je pro člověka dobře stravitelný. Tvoří 60–70 % sušiny obilek. V endospermu ho najdeme v podobě škrobových zrn, jejichž tvar a velikost jsou charakteristické pro jednotlivé druhy pšenice. Vlastnosti škrobových zrn, tj. nerozpustnost ve studené vodě, mazovatění při postupném zahřívání a retrogradace, ovlivňují kvalitu pečiva. Kromě škrobu jsou v zrnu i jednodušší sacharidy, které slouží jako zdroj energie pro růst nové rostliny a jako stavební jednotky pro složitější sacharidy. Zvláštní pozornost se dostává neškrobovým polysacharidům, které jsou součástí vlákniny. Celkový obsah vlákniny u celozrnné pšeničné mouky se udává mezi 10 a 19 %. Vláknina je doporučována jako prevence řady civilizačních chorob, protože zpomaluje průchod potravy v trávícím traktu, pomáhá odstraňovat odpadní látky z těla, ovlivňuje hladinu krevní glukózy a cholesterolu, působí jako kartáč střev a je substrátem pro mikroorganismy žijící v zažívacím traktu. Další výživově cennou složkou pšeničného zrna jsou bílkoviny. Jejich obsah v zrnu pšenice se pohybuje mezi 10 a 15 % a je ovlivněn nejen druhem a odrůdou pšenice, ale i počasím v průběhu vegetace a agrotechnickými postupy. Z pekařského hlediska jsou nejdůležitější tzv. lepkotvorné prolaminy a gluteliny, které jsou uložené v endospermu, tj. vnitřní části zrna. Právě díky těmto bílkovinám je mouka z pšenice seté schopna tvořit viskoelastické těsto s ideální kombinací elasticity a pevnosti, což z ní dělá ideální surovinu pro přípravu pekařských výrobků, a proto se stala chlebová pšenice setá nejpěstovanějším druhem pšenice. Z nutričního hlediska je pro člověka důležité aminokyselinové složení jednotlivých bílkovin. Lepkotvorné bílkoviny obsažené hlavně v bílé pšeničné mouce jsou na esenciální aminokyseliny, tj. aminokyseliny, které si lidský organismus nedokáže syntetizovat, poměrně chudé. Ostatní bílkoviny, přítomné v jiných částech zrna, jsou na esenciální aminokyseliny bohatší. Poslední makroživinou, která je však u pšenice zastoupena v porovnání se škrobem a bílkovinami jen minimálně, je tuk. Obsah tuku v zrnu pšenice je okolo 2 % a je zpravidla koncentrován v klíčku a aleuronové vrstvě. Starší odrůdy pšenice, jako je jednozrnka, dvouzrnka a špalda, mají obvykle vyšší obsah tuku než běžná pšenice setá. Pšeničný tuk se vyznačuje vysokým podílem nenasycených mastných kyselin (k. linolová, k. olejová a linolenová), které hrají důležitou roli v řadě metabolických dějů.

Vedle těchto makroživin jsou v zrnu pšenice uložené i další látky, jejichž koncentrace je v porovnání s makroživinami sice malá, ale jejich role pro správné fungování organismu je důležitá. Obecně se označují jako mikroživiny, protože je tělo potřebuje přijímat jen v malém množství. Působí totiž jako nezbytné katalyzátory a regulátory, které umožňují správný průběh nespočtu metabolických procesů – od podpory imunitního systému a správné funkce nervové soustavy až po ochranu buněk před oxidačním stresem. Mezi takové látky patří minerální látky, vitamíny a další sloučeniny, které mají různé biologické funkce.

Minerální látky

Minerální látky jsou nepostradatelné pro správnou funkci lidského organismu, v němž se účastní řady metabolických dějů, podílí se na tvorbě a růstu tkání, účastní se přenosu nervových vzruchů či molekul v těle. Proto jejich nedostatek může vést k vážným zdravotním problémům. Obiloviny a obzvlášť pšenice jsou ve výživě člověka důležitým zdrojem minerálních látek. Jak uvádějí Laskowski a kol. (2019), chleba, rohlíky a další pekařské výrobky konzumované v obvyklém množství mohou poskytnout až 49 % denního příjmu manganu, 25 % železa, 22 % mědi, 22 % zinku, 17 % fosforu, 18 % sodíku, 12 % draslíku a 9 % vápníku

Minerální látky dělíme podle množství potřebného pro člověka na (i) makro-prvky, jejichž denní dávka se pohybuje od 100 mg výš a (ii) mikro-prvky nebo také stopové prvky, jejichž denní dávka je pod zmíněnými 100 mg. Mezi nejvýznamnější makroprvky zastoupené v zrnu pšenice patří **fosfor** (součást kostí, zubů a nukleových kyselin, podílí na procesech tvorby a ukládání energie), **hořčík** (energetický metabolismus, podílí se na přenosu podnětů z nervů do svalů a na svalové kontrakci), **draslík** (udržování vodní a elektrolytové rovnováhy v těle, důležitý pro správnou funkci srdce), **vápník** (součást kostí a zubů, podílí se na vedení svalové kontrakce, srážlivost krve), **síra** (součástí aminokyselin a vitamínů, a je důležitá pro tvorbu bílkovin a zdraví vlasů, kůže a nehtů) a **sodík** (reguluje rovnováhu tekutin v těle, přenos vzruchů v nervové soustavě). Mezi stopovými prvky v zrnu pšenice najdeme **železo** (součást hemoglobinu a přenos kyslíku v organismu), **zinek** (důležitý pro imunitní systém, buněčné dělení, metabolismus bílkovin a tvorbu DNA), **měď** (má význam při tvorbě červených krvinek a v metabolismu železa), **selen** (antioxidant, správná funkce štítné žlázy a imunitního systému), **jód** (správná funkce štítné žlázy, která ovlivňuje metabolismus, růst a vývoj mozku), **mangan** (zdravý vývoj kostí, chrupavek a pojivových tkání), **chrom** (metabolismus sacharidů, tuků a bílkovin) a **molybden** (správné fungování enzymů v lidském těle, které se podílejí na metabolismu sirných aminokyselin, odstraňování toxinů a zpracování železa) a další.

Minerální látky v zrnu pšenice jsou navázány na bílkoviny nebo vlákninu. Bílkoviny vážou minerální ionty prostřednictvím aminokyselin, zatímco vláknina poskytuje povrch pro jejich absorpci. Jejich dostupnost pro konzumenta závisí na formě navázání. Příkladem může být fosfor a minerální látky, které jsou v rostlinách přítomné v podobě fytátů (Fe, Ca, Mg a Zn). Fytáty jsou špatně rozpustné sloučeniny, které lidský organismus nedokáže plně využít (Biel a kol. 2021). Pro lepší dostupnost minerálních látek

z takových sloučenin musí potraviny projít úpravou, a to buď tepelnou (pečení, vaření) nebo namáčením a klíčením.

Minerální látky nejsou v zrnu rozloženy rovnoměrně. V otrubách, klíčku a aleuronové vrstvě, ležící přímo pod obalovými vrstvami (otrubami), je jejich koncentrace daleko vyšší než v endospermu, tj. vnitřní škrobové části zrna (Tang a kol. 2008). Obsah jednotlivých prvků v zrnu pšenice závisí na druhu a odrůdě, výskytu jednotlivých prvků v půdě, na klimatických podmínkách a způsobu pěstování (Hussain a kol. 2010). V souvislosti s obilovinami je velmi často diskutován zejména obsah selenu, který má antioxidační vlastnosti a ve formě aminokyseliny selenocysteinu je nezbytnou složkou aktivního centra několika důležitých enzymů. Obsah selenu v půdě je v České republice nízký, a proto se doporučuje zvyšování jeho koncentrace v půdě pomocí hnojiv obohacených o selen.

Celkový obsah minerálních látek v zrnu pšenice se běžně stanovuje jako obsah popela, tj. spalováním materiálu při vysokých teplotách a udává se v %. Hodnoty pro pšenici se zpravidla pohybují od 1,5 do 3 %. Jednozrnka a dvouzrnka vykazují zpravidla vyšší obsah popela než běžná pšenice setá (Tab. 1). To může být z důvodu menší velikosti zrn, které mají vyšší obsah vlákniny, na kterou jsou minerální látky navázány.

Na Obr. 1 jsou znázorněny obsahy mikro- a makroprvků v různých druzích pšenice ve srovnání s doporučenou denní dávkou jejich příjmu v naší potravě. Je zřejmé, že výsledky se pro jednotlivé prvky liší a nelze jednoznačně konstatovat, která z pšenic je z pohledu obsahu minerálních látek nejhodnotnější. Např. na fosfor byla podle citovaných studií (Biel a kol. 2021; Beleggia 2018) nejbohatší běžně pěstovaná pšenice setá, následována dvouzrnkou a jednozrnkou, naopak obsah draslíku měla pšenice setá nejnižší a jeho nejvyšší hodnoty byly zjištěny u jednozrnky. Je třeba vzít v úvahu, že různé literární studie se v údajích o obsazích jednotlivých minerálů mohou odlišovat. Záleží totiž na odrůdách, které byly do studií zahrnuty, také na místě pěstování i na agrotechnice. Zajímavá a komplexní práce zaměřená na obsah železa, zinku a selenu byla publikována v roce 2009 (Zhao a kol. 2009), kdy autoři studovali 150 různých odrůd běžné pšenice seté a celkem 25 odrůd ostatních druhů pšenice (špalda, tvrdá, dvouzrnka a jednozrnka). Obsah selenu byl pro pšenici setou roven 99 µg/kg (min = 32,9 a max = 237,9), pro špaldu 209 µg/kg (min = 125,1 a max = 244,0), pro tvrdou pšenici 81 µg/kg (min = 38,5 a max = 146,1), pro dvouzrnku 229 µg/kg (min = 150,6 a max = 325,8) a pro jednozrnku 279 µg/kg (min = 178,5 a max = 440,0). Obsah zinku byl přibližně srovnatelný s hodnotami uvedenými na Obr. 1, obsah železa zjistili nižší. Výsledky studií se však shodují na tom, že vyšší obsahy minerálních látek mívají obvykle pluchaté druhy pšenice (špalda, jednozrnka a dvouzrnka) ve srovnání s bezpluchými (pšenice setá, pšenice tvrdá – durum). I v rámci určitého druhu pšenice však existují velké rozdíly mezi odrůdami, což je zřejmé i z výše uváděných výsledků.

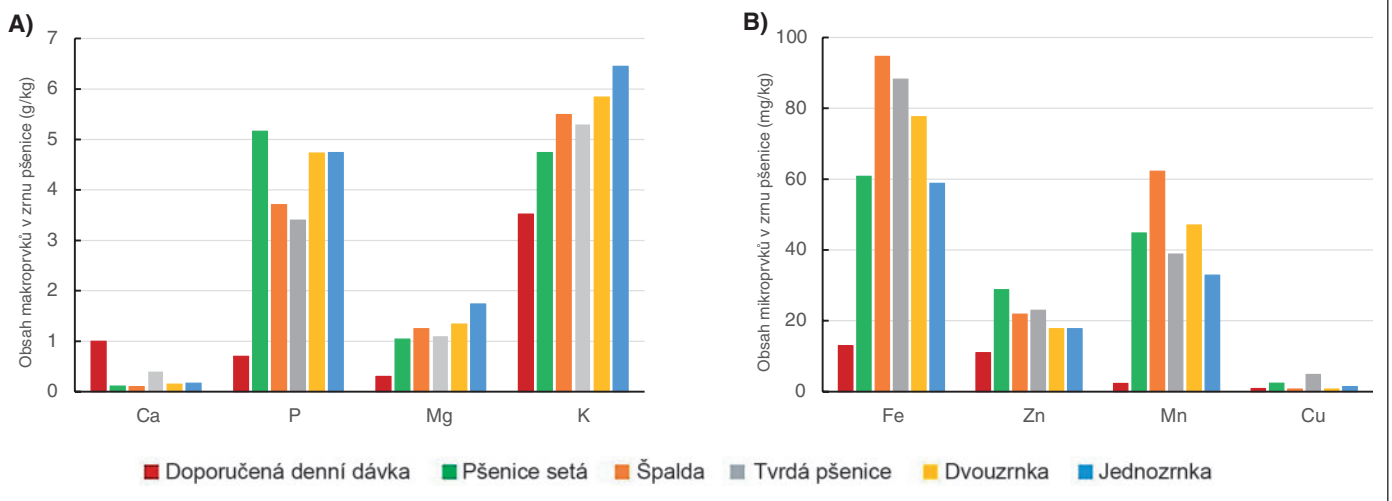
Zajímavé je srovnání moderních a původních odrůd pšenice. Byly publikovány studie (Fan a kol. 2008; Murphy a kol. 2008) srovnávající obsah minerálních látek v pšenici za posledních 160, případně 120 let. Autoři obou studií prokázali, že moderní odrůdy pšenice s nižším stéblem, u nichž byl šlechtěním zvýšen výnos, mají nižší obsah minerálních látek než odrůdy starší s nižším výnosem. Jedná se o tzv. naředění minerálů kvůli vyššímu výnosu.

Tab. 1: Obsah popela v jednotlivých druzích pšenice.
(Výsledky převzaty z publikace: Grausgruber a kol. 2004)

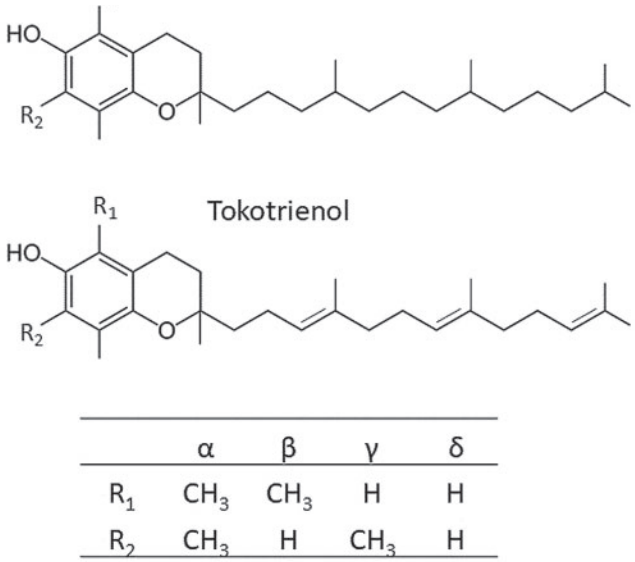
	Popel (%)
Pšenice setá	1,76
Pšenice špalda	2,04
Tvrdá pšenice	1,93
Dvouzrnka	2,10
Jednozrnka	2,21

Biologicky aktivní sloučeniny

Kromě minerálních látek obsahuje zrno pšenice širokou škálu biologicky aktivních látek. Tyto sloučeniny jsou pozoruhodné svými funkcemi v organismu, zejména vysokou antioxidační aktivitou, díky které pomáhají předcházet oxidačnímu stresu a civilizačním chorobám. Byla publikována řada epidemiologických studií, které potvrzují, že konzumace stravy bohaté na vlákninu a antioxidanty je spojena se snížením rizika civilizačních chorob jako jsou kardiovaskulární nemoci, diabetes II. typu a některé typy rakoviny (Okarter a kol. 2010).



*Obr. 1: Obsah minerálních látek v různých druzích pšenice. Obsah makroprvků **(A)** je udáván v g na kg zrna (g/kg) a obsah mikroprvků **(B)** je udáván v mg na 1 kg zrna (mg/kg). V grafu je ukázána i doporučená denní dávka (makroprvky g/den a mikroprvky mg/den) jednotlivých prvků.*
(Výsledky jsou převzaty z publikace: Biel a kol. 2021 a pro tvrdou pšenici Beleggia a kol. 2018)



	α	β	γ	δ
R_1	CH_3	CH_3	H	H
R_2	CH_3	H	CH_3	H

Obr. 2: Chemická struktura tokoferolů a tokotrienolů

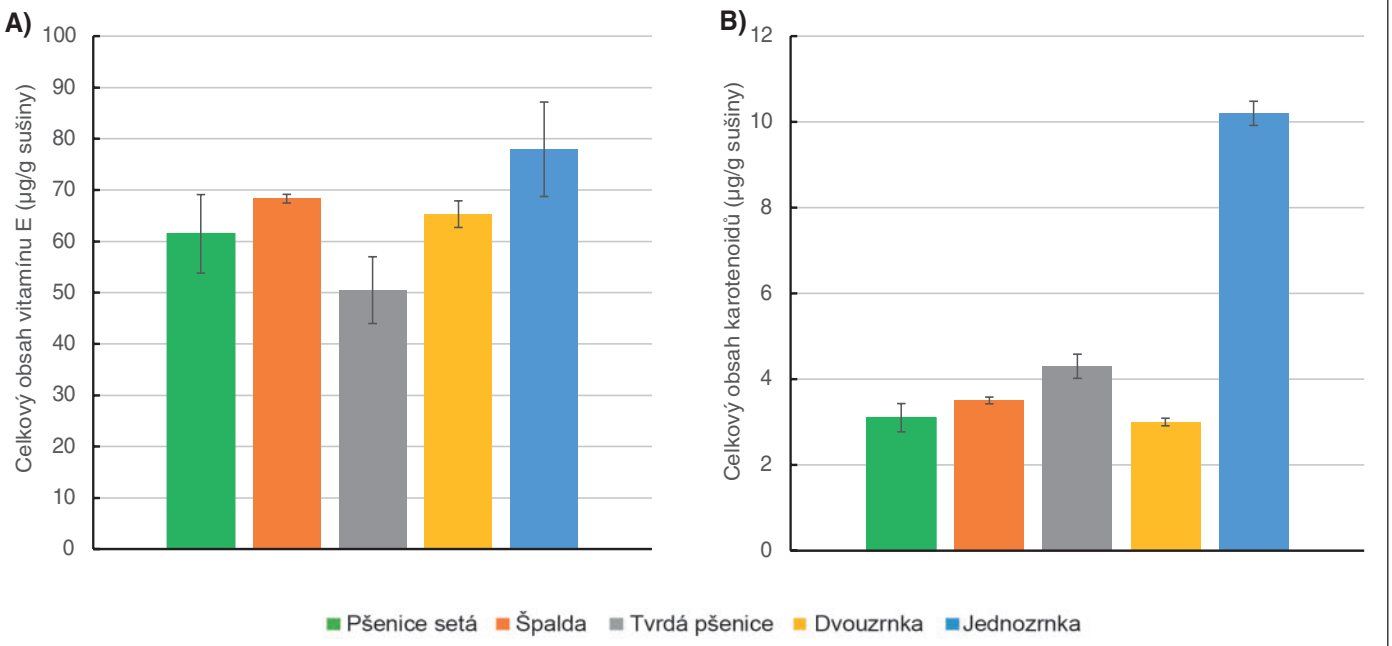
Vitamín E

Asi nejznámějším antioxidantem ve stravě je vitamín E. Vitamín E je souhrnné označení pro skupinu látek, rozpustných v tucích nazývaných tokochromanoly. Podle řetězce, který umožňuje ukotvení sloučenin v membráně, je možné tokochromanoly rozdělit na (i) tokoferoly, jejichž řetězec je plně nasycený a na (ii) tokotrienoly s nenasyceným řetězcem. Každá z těchto skupin zahrnuje čtyři deriváty (α, β, γ, δ), jejichž struktura se liší počtem a pozicí methylových skupin na chromanolové části (Obr. 2). Vitamín E je významný antioxidant, který chrání buněčné membrány a lipoproteiny před poškozením volnými radikály. Je důležitý pro imunitní systém, zdraví očí, krve a pokožky. Člověk nedokáže vitamín E syntetizovat, a proto ho musí přijímat ve stravě. Protože je rozpustný v tucích, ukládá se v tukové tkáni a játrech a přispívá ke správné funkci svalů a nervů. Pro člověka je nejvýznamnější α-tokoferol.

V zrnu pšenice najdeme nejvíce vitamínu E v klíčku a otrubách. V klíčku je koncentrováno 4x více vitaminu E než v otrubách a 24x více než v endospermu (Hidalgo a kol. 2008). V klíčku jsou obsaženy hlavně tokoferoly (> 90 %) a v otrubách jsou zastoupeny hlavně tokotrienoly (75 %) (Giamballi a kol. 2013). Hidalgo a kol. v roce 2006 porovnávali obsah jednotlivých sloučenin vitamínu E v jednotlivých druzích pšenice. Výsledky ukázaly, že jednozrnka měla celkový obsah vitamínu E nejvyšší, a naopak pšenice tvrdá nejnižší (Obr. 3). Největší zastoupení měl β-tokotrienol (více něž 54 % obsahu pro pšenici setou a špaldu, a více než 60 % pro jednozrnku, tvrdou pšenici a dvouzrnku). Druhým nejvíce zastoupeným byl α-tokoferol jehož obsah byl pro pšenici setou, tvrdou a špaldu přes 20 % a pro jednozrnku a dvouzrnku okolo 15 %.

Karotenoidy

Dalšími významnými antioxidanty, které lze v pšenici najít jsou karotenoidy. Jedná se o přírodní barviva zodpovědná za odstíny žluté až červené barvy. Rostliny a některé mikroorganismy (řasy nebo bakterie) si je syntetizují pro efektivnější absorpci světelného záření při fotosyntéze, ale slouží i jako ochrana před škodlivými účinky absorbovaného záření. Nicméně člověk si je syntetizovat neumí, a proto je musí přijímat ve stravě. Karotenoidy jsou lipofilní sloučeniny, jejichž základní strukturou je uhlíkatý řetězec s konjugovanými dvojnými vazbami. Díky této struktuře dokáží efektivně zhášet volné radikály, a proto patří mezi velmi dobré antioxidanty, které hrají důležitou roli při uchování potravin a jejich nutričních vlastností. Na druhou stranu, nenasycená struktura je příčinou jejich zvláštní nestability, zejména vůči světlu a kyslíku (Achir a kol. 2010). V přírodě bylo identifikováno několik set karotenoidů, které mohou být rozděleny do dvou základních skupin, tj. (i) karoteny, jejichž struktura je tvořená jen uhlíkem a vodíkem (α-karoten, β-karoten, nebo lykopen), a (ii) xantofyly, které mají ve struktuře kyslík (lutein a zeaxantin) (Obr. 4). Některé karotenoidy jsou prekurzorem pro syntézu vitamínu A, který má v lidském organismu řadu důležitých funkcí. Jednou z nejznámějších je jeho vliv na správnou funkci zraku, ale je nezbytný i pro vývoj plodu a pro správnou funkci imunitního systému. Antioxidační aktivita

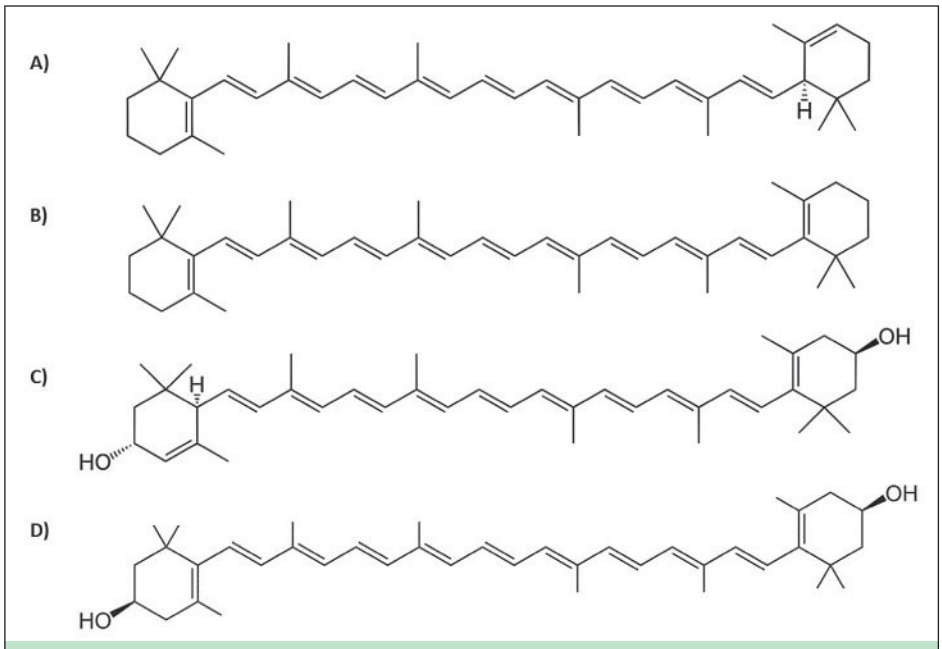


*Obr. 3: Celkový obsah vitamínu E **(A)** a karotenoidů **(B)** v jednotlivých druzích pšenice. (Hodnoty jsou převzaty: Vitamín E z publikace Hidalgo a kol. (2006) a karotenoidy z publikace Hidalgo a kol. (2017))*

karotenoidů pomáhá snižovat oxidační poškození biologických membrán, čímž předchází onemocněním spojených s oxidačním stresem, jako jsou kardiovaskulární choroby, různé typy rakovin, nebo diabetes II. typu (Carazo a kol. 2021).

Karotenoidy v pšenici jsou zodpovědné za nažloutlý odstín mouky. Pšenice setá je obecně na karotenoidy poměrně chudá, ale jiné druhy pšenice, zejména pšenice tvrdá a jednozrnka jsou na žluté barvivo bohatší. Pro tvrdou pšenici je žluté zbarvení mouky dokonce jedním z hlavních kvalitativních faktorů. Obsah karotenoidů a charakteristické žluté zbarvení zrna je ovlivněno zejména geneticky.

V pšenici můžeme karotenoidy najít jako volné sloučeniny nebo jako estery. Bylo prokázáno, že xantofyly ve formě esterů jsou více stabilní při tepelné úpravě a skladování než jejich volná forma. Nejvýznamnější karotenoidy v pšeničném zrnu jsou xantofyly lutein a zeaxantin, které jsou následovány α a β-karotenem (Paznocht a kol. 2019). Koncentrace karotenoidů je nejvyšší v klíčku v porovnání s endospermem a otrubami (Ndolo a kol. 2013). Nicméně vzhledem k tomu, že klíček tvoří pouze 2–3 % hmotnosti celého zrna, je jeho podíl v celkovém obsahu karotenoidů minimální. Na druhou stranu, endosperm, který tvoří 80–85 % hmotnosti zrna, přispívá k celkovému obsahu karotenoidů nejvíce. Hidalgo a kol. (2017) studovali celkový obsah karotenoidů v zrnu různých druhů pšenice a stanovili jeho obsah v rozmezí 3,0–10,2 µg/g v závislosti na druhu pšenice. Nejvyšší obsah karotenoidů měla jednozrnka, která byla následována v sestupném pořadí tvrdou pšenicí, špaldou, klasickou pšenicí setou a poslední byla pšenice dvouzrnka (Obr. 3).

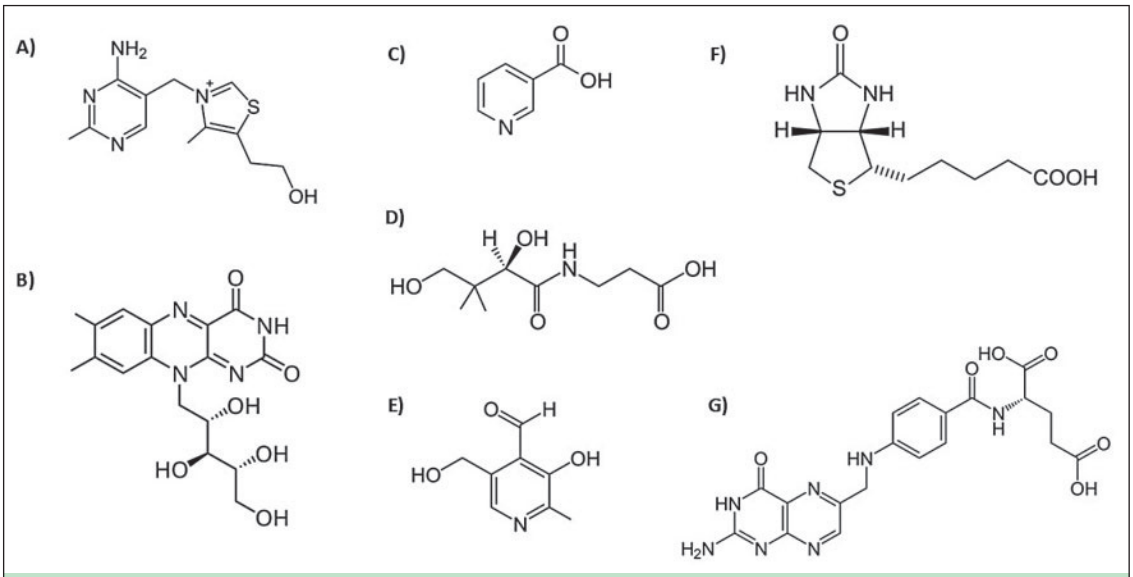


Obr. 4: Chemická struktura nejčastějších karotenoidů v pšenici: ***A)*** *α-karoten,* ***B)*** *β-karoten,* ***C)*** *lutein a* ***D)*** *zeaxantin*

Vitamíny skupiny B

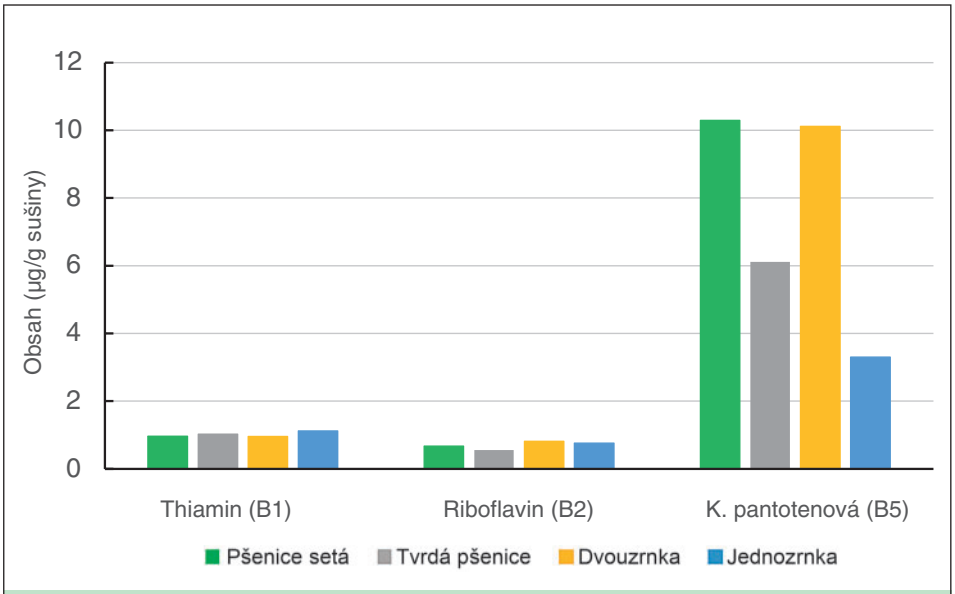
Pšenice, a zvláště celozrnná mouka, je dobrým zdrojem vitamínů skupiny B. Ve 100 g celozrnné pšeničné mouky se obsah vitamínů skupiny B pohybuje od 7 do 33 % doporučených denních referenčních hodnot pro různé typy vitamínů skupiny B (Fitzpatrick a kol. 2012). Celou skupinu tvoří osm ve vodě rozpustných sloučenin (B1 = thiamin, B2 = riboflavin, B3 = niacin, B5 = kyselina pantotenová, B6 = pyridoxin, B7 = biotin, B9 = foláty a B12 = kobalamin), ale v pšenici byly popsány pouze B1, B2, B3, B5, B6, B7 a B9 (Obr. 5). Každý z těchto vitamínů má jedinečné funkce v organismu, ale obecně se účastní metabolických drah a pomáhají tělu produkovat energii a vytvářet důležité molekuly v buňkách.

Koncentrace jednotlivých sloučenin v pšeničném zrnu je závislá na druhu a odrůdě pšenice, také na místě pěstování, typu půdy a počasí v daném roce. Rohi a kol. (2013) ve své studii uvádějí, že obsah thiaminu v zrnu pšenice seté se pohyboval mezi 4,63–6,61 µg/g, riboflavinu 1,84–2,39 µg/g, niacinu 58,09–63,10 µg/g a pyridoxinu 6,02–7,54 µg/g. Autoři zároveň upozorňují na nerovnoměrnou distribuci těchto látek v rámci zrna. Zatímco v endospermu se nacházela pouze malá část vitamínů skupiny B (konkrétně 3 % thiaminu, 14 % riboflavinu, 6 % niacinu a 5 % pyridoxinu), jejich převážná většina byla koncentrována v klíčku a obalových vrstvách. Srovnání nutričních profilů jednotlivých druhů pšenice od Karakas a kol. (2021) potvrdilo, že volba druhu zásadně ovlivňuje příjem vitamínů skupiny B. Jako nejhojnější byl identifikován vitamín B5 (kyselina pantotenová), jehož nejvyšší hodnoty byly naměřeny u pšenice seté (10,3 µg/g) a nejnižší u jednozrnky (3,3 µg/g). Obsah thiaminu (B1) se pohyboval v rozmezí 0,95–1,12 µg/g s nejvyšší hodnotou pro jednozrnku a nejnižší pro dvouzrnku. Na druhou



Obr. 5: Chemická struktura vitamínů skupiny B: ***A)*** *Thiamin (B1),* ***B)*** *Riboflavin (B2),* ***C)*** *Niacin (B3),* ***D)*** *Kyselina pantotenová (B5),* ***E)*** *Pyridoxin (B6),* ***F)*** *Biotin (B7) a* ***G)*** *Foláty (B9)*

stranu riboflavin (B2) byl nejvíce zastoupen u dvouzrnky (0,81 µg/g) a nejméně u tvrdé pšenice (0,55 µg/g) (Obr. 6). Folát (B9) byl studován i v rámci projektu HEALTHGRAIN a jeho množství byl udáván mezi 0,74 až 0,55 µg/g, kde nejvyšší množství měla tvrdá pšenice a nejnižší pšenice setá (Piironen a kol. 2008).



Obr. 6: Obsah některých vitamínů skupiny B v jednotlivých druzích pšenice. (Výsledky převzaty z publikace Karakas a kol. 2021)

Polyfenolické sloučeniny

Další významnou skupinou látek obsažených v pšenici, které mají pozitivní vliv na lidské zdraví, jsou polyfenolické sloučeniny, zkráceně polyfenoly. Pod tímto názvem se skrývá několik tisíc sloučenin, jejichž společným strukturním motivem je aromatické jádro s navázanou hydroxylovou skupinou. Tato struktura jim umožňuje efektivně zachytávat a zneškodňovat volné radikály vznikající při oxidačních reakcích v organismu. Plní proto v organismu funkci efektivních antioxidantů. Epidemiologické studie prokázaly řadu terapeutických účinků v prevenci chronických onemocnění jako je diabetes II. typu, neurodegenerativní choroby či různé druhy nádorových onemocnění. Rostliny si syntetizují polyfenoly jako odpověď na stresové podmínky při růstu. Jejich celkový obsah je proto závislý nejen na druhu a odrůdě, ale i na místě pěstování a počasí v daném roce.

V pšenici, a v obilovinách obecně, jsou nejvíce zastoupené fenolické kyseliny. Jejich struktura je odvozená od kyseliny p-hydroxybenzoové (např. kyselina vanilová, gallová) nebo od hydroxyskořicové (např. kyselina ferulová, kávová) (Obr. 7). Největší koncentrace fenolických kyselin v zrnu pšenice je v obalových vrstvách, kde jsou ve třech formách: (i) jako volné sloučeniny, (ii) rozpustné komplexy se sacharidy, či jinými nízkomolekulárními látkami a (iii) nerozpustné – navázané na buněčnou stěnu. Vázané fenolické kyseliny tvoří 70–80 % celkového obsahu kyselin v zrnu. Největší zastoupení v pšenici má kyselina ferulová a druhou nejvíce rozšířenou je kyselina p-kumarová (Giambanelli a kol. 2013). Kyselina ferulová může být navázána na arabinoxylany, kde propojuje jednotlivé řetězce. Obsah kyseliny ferulové v jednotlivých druzích pšenice byl popsán ve studii Abdel-Aal e kol. 2008. Nejvyšší obsah byl zaznamenán pro pšenici setou s průměrem 495 µg/g. Následovala špalda s průměrnou hodnotou 424 µg/g, tvrdá pšenice (416 µg/g), jednozrnka (390 µg/g) a nejnižší hodnotu měla dvouzrnka (289 µg/g).

Další skupinou polyfenolů jsou flavonoidy. Ty jsou většinou v zrnu obilovin přítomny ve formě glykosidů nebo komplexů s dalšími organickými sloučeninami. Stejně jako fenolické kyseliny jsou nejvíce obsaženy v obalových vrstvách zrna a v klíčku. Zvláštní pozornost je věnovaná antokyanům, což jsou ve vodě rozpustná barviva běžně zastoupená v ovoci a zelenině. Jsou zodpovědné za modrý, růžový a červený odstín. V dnešní době existuje několik odrůd pšenice seté s barevným zrnem, kde zbarvení je způsobeno vyšší koncentrací antokyanů v obalových vrstvách (Obr. 8) (Martinek 2021). Barva klasické pšenice seté, používané pro výrobu běžného pečiva, je označována jako „červená“ a na obrázku je zastoupena odrůdou Bohemia. Grausgruber a kol. (2004) porovnávali obsah antokyanů v různých typech obilovin včetně různých druhů pšenice. Obsah uvádějí v jednotkách mg CYE/100 g zrna, kde CYE je cyan-3-O-glukoside ekvivalent. Klasická pšenice setá běžné (tj. červené) barvy obsahovala 0,91 mg CYE/100 g, jednozrnka a dvouzrnka 0,75 a 0,78 mg CYE/100 g, tvrdá pšenice 0,68 mg CYE/100 g a pšenice špalda 1,23 mg CYE/100 g. Následně více antokyanů obsahovala pšenice setá s modrým a purpurovým zrnem, a to 6,01 a 7,45 mg CYE/100 g suš

Mezi polyfenolické látky patří i lignin, který je součástí nerozpustné vlákniny. Lignin je druhý nejvíce zastoupený polymer v rostlinné říši, jehož stavební jednotkou jsou aromatické alkoholy. Jeho hlavním úkolem je spojování mezibuněčných vláken a zpevnění celulózových molekul v rámci buněčných stěn. Největší koncentrace ligninu je ve vnějších obalových vrstvách zrna pšenice. Má hydrofobní charakter a tvoří ochranu zrna před působením vnějších vlivů. Zastoupení ligninu v jednotlivých druzích pšenice se pohybuje mezi 2-3 % sušiny. Podle Shewry a kol. 2015, největší obsah ligninu měla jednozrnka (2,6 % sušiny), následovaná dvouzrnkou a špaldou. Nejnižší obsah ligninu měla tvrdá pšenice (2,1 %).

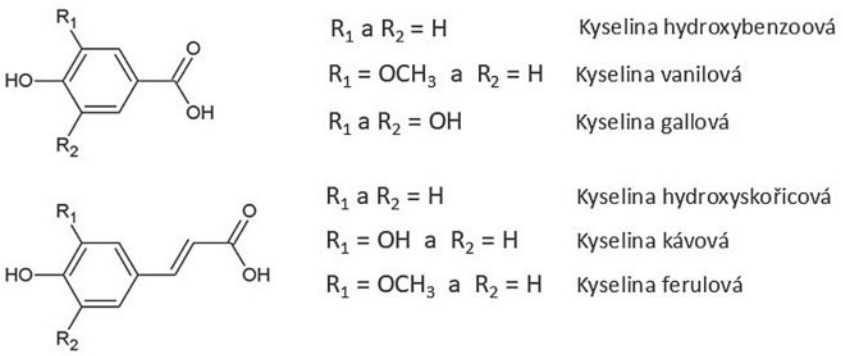
Zvláštní skupinou polyfenolických látek jsou alkylresorcinoly, což jsou fenolické lipidy, které se přirozeně vyskytují v otrubách obilovin jako je pšenice, ječmen nebo žito. Jsou považovány za biomarkery pro celozrnné produkty, protože jejich obsah ve vzorcích moči a krve odpovídá množství zkonzumovaných celozrnných obilovin. Hrají roli v biologických procesech a studují se jejich možné pozitivní účinky na zdraví, včetně snížení rizika diabetu, obezity, srdečních chorob a některých druhů rakoviny. Jejich chemická struktura je odvozená od dihydroxybenzenu, na který je navázán dlouhý alkalický řetězec. Celkové množství alkylresorcinolů pro jednotlivé druhy pšenic bylo studováno v projektu HEALTHGRAIN, kde nejvyšší obsah měla špalda s průměrem 605 µg/g, následována jednozrnkou (595 µg/g), dvouzrnkou (581 µg/g) a běžnou pšenicí setou (432 µg/g). Nejnižší obsah měla tvrdá pšenice s průměrem 399 µg/g suš.

Závěr

Pšenice hraje od nepaměti důležitou roli ve výživě člověka. Po staletí sloužila a stále slouží jako zdroj energie, a to zejména díky svému obsahu škrobu a bílkovin. Pšenice je však také výborným zdrojem látek, které, ačkoliv jsou v porovnání s makroživinami obsaženy v daleko nižších koncentracích, mají významné biologické účinky. Působí totiž jako nezbytné katalyzátory a regulátory, které umožňují správný průběh metabolických procesů –

od podpory imunitního systému a správné funkce nervové soustavy až po ochranu buněk před oxidačním stresem. Patří mezi ně minerální látky, vitamíny a další sloučeniny s pozitivním vlivem na lidské zdraví.

Je však důležité zdůraznit, že tyto látky se nacházejí v různých částech pšeničného zrna, a to zejména v obalových vrstvách. Proto je otázka jejich dostupnosti v potravinách na bázi pšenice úzce spojená s technologií zpracování zrna. Zatímco celozrnné produkty, kde zůstávají zachovány obalové vrstvy zrna (otruby a klíčky), jsou na mikroživiny bohaté, bílá mouka je již o značnou část těchto benefitů ochuzená. Pokud tedy chceme plně využít potenciál pšenice jako nutričního zdroje, je vhodné dávat přednost celozrnným potravinám. Zařazením celozrnných výrobků z pšenice do našeho jídelníčku nezískáme pouze energii, ale také pestrou škálu látek, které naše tělo pro své optimální fungování potřebuje. Pšenice se tak ve světle moderní vědy ukazuje jako komplexní zdroj výživy, kde i nepatrné množství obsažených mikroživin hraje významnou roli v dlouhodobém udržení našeho zdraví a vitality.



Obr. 7: Chemická struktura některých fenolických kyselin přítomných v zrnu pšenice

(Recenzováno)

Poděkování

Článek byl sepsán díky institucionární podpoře Ministerstva zemědělství MZE-RO1123.

Seznam použité literatury

Abdel-Aal E.S.M., Rabalski, I. (2008). Bioactive compounds and their antioxidant capacity in selected primitive and modern wheat species. *The Open agriculture journal*, *2*(1).

Achir N., Randrianatoandro V.A., Bohuon P., Laffargue A., Avallone S. (2010). Kinetic study of β-carotene and lutein degradation in oils during heat treatment. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *112*(3), 349-361.

Beleggia R., Fragasso M., Miglietta F., Cattivelli L., Menga V., Nigro F., Fares, C. (2018). Mineral composition of durum wheat grain and pasta under increasing atmospheric CO2 concentrations. *Food Chemistry*, *242*, 53-61.

Biel W., Jaroszewska A., Stankowski S., Sobolewska M., Kępińska-Pacelik J. (2021). Comparison of yield, chemical composition and farinograph properties of common and ancient wheat grains. *European Food Research and Technology*, *247*(6), 1525-1538.

Brouns F., Geisslitz S., Guzman C., Ikeda T. M., Arzani A., Latella G., Simsek S., Colomba M., Gregorini A., Zevallos V., Lullien-Pellerin V., Jonkers D., Shewry, P. R. (2022): Do ancient wheats contain less gluten than modern bread wheat, in favour of better health? Nutrition bulletin, Vol 47 (2), p. 157-167.

Carazo A., Macáková K., Matoušová K., Krčmová L.K., Protti M., Mladěnka P. (2021). Vitamin A update: forms, sources, kinetics, detection, function, deficiency, therapeutic use and toxicity. *Nutrients*, *13*(5), 1703.

Fan M.S., Zhao F.J., Fairweather-Tait S.J., Poulton P.R., Dunham S.J., McGrath S.P. (2008). Evidence of decreasing mineral density in wheat grain over the last 160 years. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, *22*(4), 315-324.



Obr. 8: Odrůdy pšenice seté s barevným zrnem. (Obrázek převzat z: Martinek P. 2021). Ve spodní řadě je hladká mouka semletá z příslušného zrna v horní řadě

Fitzpatrick T.B., Basset G.J., Borel P., Carrari F., DellaPenna D., Fraser P.D., Fernie A.R. (2012). Vitamin deficiencies in humans: can plant science help? *The Plant Cell*, *24*(2), 395-414

Giambanelli E., Ferioli F., Koçaoglu B., Jorjadze M., Alexieva I., Darbinyan N., D'Antuono L.F. (2013). A comparative study of bioactive compounds in primitive wheat populations from Italy, Turkey, Georgia, Bulgaria and Armenia. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *93*(14), 3490-3501.

Grausgruber H., Scheiblauer J., Schönlechner R., Ruckenbauer P., Berghofer E. (2004). *Variability in chemical composition and biologically active constituents of cereals* (pp. 23-26). na.

Hidalgo A., Brandolini A., Pompei C., Piscozzi, R. (2006). Carotenoids and tocols of einkorn wheat (Triticum monococcum ssp. monococcum L.). *Journal of Cereal Science*, *44*(2), 182-193.

Hidalgo A., Brandolini A. (2008). Protein, ash, lutein and tocols distribution in einkorn (Triticum monococcum L. subsp. monococcum) seed fractions. *Food Chemistry*, *107*(1), 444-448.

Hidalgo A., Fongaro L., Brandolini, A. (2017). Colour screening of whole meal flours and discrimination of seven Triticum subspecies. *Journal of Cereal Science*, *77*, 9-16.

Hussain A., Larsson H., Kuktaite R., Johansson, E. (2010). Mineral composition of organically grown wheat genotypes: contribution to daily minerals intake. *International journal of environmental research and public health*, *7*(9), 3442-3456.

Karakas F.P., Keskin C.N., Agil F., Zencirci, N. (2021). Profiles of vitamin B and E in wheat grass and grain of einkorn (Triticum monococcum spp. monococcum), emmer (Triticum dicoccum ssp. dicoccum Schrank.), durum (Triticum durum Desf.), and bread wheat (Triticum aestivum L.) cultivars by LC-ESI--MS/MS analysis. *Journal of Cereal Science*, *98*, 103177.

Laskowski W., Górska-Warsewicz H., Rejman K., Czeczotko M., Zwolińska J. (2019). How important are cereals and cereal products in the average polish diet? *Nutrients*, *11*(3), 679.

Martinek, P. (2021). Odrůdy pšenice s barevným zrnem a jejich nutriční hodnota. *Úroda*, *7*, 78-80.

Murphy K.M., Reeves P.G., Jones, S.S. (2008). Relationship between yield and mineral nutrient concentrations in historical and modern spring wheat cultivars. *Euphytica*, *163*(3), 381-390

Ndolo V.U., Beta T. (2013). Distribution of carotenoids in endosperm, germ, and aleurone fractions of cereal grain kernels. *Food chemistry*, *139*(1-4), 663-671.

Okarter N., Liu, R.H. (2010). Health benefits of whole grain phytochemicals. *Critical reviews in food science and nutrition*, *50*(3), 193-208.

Paznocht L., Kotíková Z., Orsák M., Lachman J., Martinek P. (2019). Carotenoid changes of colored-grain wheat flours during bun-making. *Food chemistry*, *277*, 725-734.

Piironen V., Edelmann M., Kariluoto S., Bedo, Z. (2008). Folate in wheat genotypes in the HEALTHGRAIN diversity screen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *56*(21), 9726-9731.

Podloucká P., Polišenská I. (2026). Pšenice – nutričně významná potravina – 1. část: Makroživiny. Obilnářské listy, 34, 2026, 1, 21-26.

Rohi M., Pasha I., Butt M.S., Nawaz, H. (2013). Variation in the levels of B-vitamins and protein content in wheat flours. *Pakistan Journal of Nutrition*, *12*(5), 441

Shewry P.R., Hey S.J. (2015). The contribution of wheat to human diet and health. *Food and energy security*, *4*(3), 178-202

Shewry P.R., Hey S. (2015). Do "ancient" wheat species differ from modern bread wheat in their contents of bioactive components?. *Journal of Cereal Science*, *65*, 236-243.

Suchowilska E., Wiwart M., Kandler W., Krska, R. (2012). A comparison of macro-and microelement concentrations in the whole grain of four Triticum species. *Plant, Soil and Environment*, *58*(3), 141-147.

Tang J., Zou C., He Z., Shi R., Ortiz-Monasterio I., Qu Y., Zhang, Y. (2008). Mineral element distributions in milling fractions of Chinese wheats. *Journal of Cereal Science*, *48*(3), 821-828.

Zhao F.J., Su Y.H., Dunham S.J., Rakszegi M., Bedo Z., McGrath S.P., Shewry P.R. (2009). Variation in mineral micronutrient concentrations in grain of wheat lines of diverse origin. *Journal of cereal science*, *49*(2), 290-295.

