



OBILOVINY

v lidské výživě

2016

Moderní trendy v mlýnské
a pekárenské výrobě

Publikace České technologické platformy pro potraviny

OBILOVINY v lidské výživě 2016

Moderní trendy v mlýnské a pekárenské výrobě

Ing. Eva **Bajerová** (Agrotest fyto, s.r.o., Kroměříž)
Ing. Dana **Gabrovská**, Ph.D. (PK ČR)
Ing. Dita **Havelková** (Zeelandia, spol. s r.o., Malšice)
Ing. Veronika **Havelková** (Profimix s.r.o., Příšovice)
doc. Ing. Marie **Hrušková**, CSc. (VŠCHT Praha)
Ing. Lucie **Jurkaninová**, Ph.D. (VŠCHT Praha)
RNDr. Ivana **Polišenská** Ph.D. (Agrotest fyto, s.r.o., Kroměříž)
Ing. Marcela **Sluková**, Ph.D. (VŠCHT Praha) - editorka
Ing. Kateřina **Vaculová**, CSc. (Agrotest fyto, s.r.o., Kroměříž)
Ing. Oldřich **Faměra**, CSc. (ČZU Praha)
Ladislav **Jirčík** (BEAS a.s., pekárna Lično)
doc. Ing. Josef **Přihoda**, CSc. (VŠCHT Praha)
Ing. Pavel **Skřivan**, CSc. (VÚPP, v.v.i., VŠCHT Praha) - editor
Ing. Ivan **Švec**, Ph.D. (VŠCHT Praha)
MUDr. Petr **Tláškal**, CSc. (Společnost pro výživu)

Potravinářská komora České republiky
Česká technologická platforma pro potraviny

Praha 2016
1. vydání

Publikace byla vytvořena v rámci Priority A (Potraviny a zdraví) České technologické platformy pro potraviny ve spolupráci s pracovní skupinou Obiloviny v lidské výživě České technologické platformy pro potraviny a za finanční podpory Ministerstva zemědělství ČR (dotační titul 10.E.a. Podpora České technologické platformy pro potraviny, Rozhodnutí reg. č. 156/2016-18120Ko)

ISBN 978-80-88019-16-9



Obsah

3	OBSAH
4	ÚVOD
6	Moderní trendy zpracování různých obilovin
10	Pšeničné bílkoviny – významná složka potravy v minulosti i v současnosti
20	Vliv klimatických změn na zemědělskou produkci s důrazem na obilniny
35	Možnosti využití odrůd obilovin s nízkým obsahem aveninů
44	Použití a výživový význam tmavé žitné mouky
51	Netradiční plodiny pro nové cereální výrobky
58	Pohled na obiloviny ve výživě
59	Celozrnné a speciální pekařské výrobky
61	Použití celých zrn a semen v pekárenské výrobě
65	Využití více druhů kvasů v průmyslové pekárenské výrobě

Úvod

Předkládaná publikace navazuje na soubor publikací vydaných v rámci pracovní skupiny Renaissance ječmene v lidské výživě (název pracovní skupiny do roku 2015) a pracovní skupiny Obiloviny v lidské výživě (od roku 2015).

V roce 2015 došlo nejen ke změně názvu pracovní skupiny, ale také k rozšíření jejího zaměření a přijetí nových členů. Vedle tematiky ječmene, tj. testování a charakterizace nových potravinářských odrůd ječmene, přípravy kvasů a dalších meziproduktů z ječmene a hledání uplatnění připravených produktů s ječnou složkou, se staronová pracovní skupina začala věnovat novým postupům zpracování obilovin (ječmen, oves, žito, špalda) a pseudoobilovin (pohanka) za účelem produkce nových potravin s přidanou výživovou hodnotou a technologickou funkcí. Pozornost se také zaměřila na podporu výroby chlebů a pečiva s přírodními kvasy.

Pro komplexní posouzení kvality potravin je důležitý lékařský pohled. Byli proto osloveni odborníci, aby zhodnotili nutriční aspekty konzumace cereálních výrobků z hlediska zdraví.

Pracovní skupina nemá a ani nemůže mít za cíl koordinovat výzkum v uvedených oblastech, měla by být platformou pro výměnu informací, místem setkávání, prostředím pro vzájemnou inspiraci a vytváření týmů pro řešení konkrétních projektů.

V příštím roce bychom ji rádi dále rozšířili o členy reprezentující další vědeckovýzkumné instituce, které se našimi tématy zabývají.



MODERNÍ TRENDY ZPRACOVÁNÍ různých obilovin

(M. Sluková, P. Skřivan, L. Jurkaninová)

Obiloviny jsou hlavní složkou lidské potravy. Pro lidskou výživu se přímo používá z obilovin výhradně **zrno**. Téměř všechny známé **obiloviny** patří do čeledi lipnicovité (trávy). Výjimku tvoří pohanka, patřící do čeledi rdesnovité, nebo amarant a quinoa z čeledi laskavcovité. Pohanka, amarant a quinoa se řadí mezi **pseudoobiloviny** a jsou často využívány vedle kukuřice a rýže jako suroviny při výrobě bezlepkových cereálních výrobků.

Obiloviny jsou pěstovány, šlechtěny a využívány především pro **semena (zrna)**, která jsou v lidské výživě spotřebována buď **celá** (rýže, naklíčená obilná zrna, ve formě vařených obilných kaší, záparsy, vločky, obroušené kroupy, müsli apod.) nebo **semleta na mouky** s odlišnou granulací (velikostí částic) a odlišných chemickým složením (světlé, výše vymleté, celozrnné). Celosvětový podíl obilovin v lidské výživě je odhadován na 60-70 %.

Celková osevní plocha v současnosti zaujímá v ČR téměř 2,5 mil. ha. Z toho tvoří **zhruba 56 %** obiloviny. Největší podíl z obilovin připadá pšenici 62 % (převažuje pšenice ozimá), ječmen představuje 23 % (převažuje ječmen jarní na sladařské a pivovarnické zpracování), kukuřice na zrno 6 %, oves 2,8 % (většinou jako krmivo pro hospodářská zvířata) a žito 1,6 %.

Podíváme-li se do statistických dat z dob minulých, situace byla zcela odlišná. Celková osevní plocha např. v roce 1920 byla 3,8 mil. ha. Obiloviny představovaly obdobně jako dnes **cca 53 %**. Z celkového množství u nás pěstovaných obilovin tvořila pšenice 17,5 %, ječmen


18,5 %, kukuřice na zrno 0,8 %, oves 28,5 % a největší podíl připadal na žito až 35 % (Český statistický úřad, 2016).

Ze statistických údajů je zřejmý za poslední desetiletí stálý nárůst podílu pěstované pšenice u nás do 70. let, poté byl zaznamenán mírný propad a dnes spíše stagnace. Od 50. let je patrný rapidní **pokles pěstebních ploch žita**, který nabral na intenzitě v 90. letech minulého století. Podobný úděl jako žito potkal i oves, od 50. let se **začal podíl ovsa snižovat** a rapidní pokles byl zaznamenán od 80. let.

Podobnou situaci můžeme sledovat u zpracovaného množství jednotlivých obilovin ve mlýnech. Ještě ve 30. letech minulého století byl vyrovnaný podíl zpracovávaného žita a pšenice. Současně tvořil nezanedbatelný podíl zpracovávaných obilovin také **ječmen**.

Tyto změny mají dalekosáhlé důsledky i v pekařské výrobě zasahující významně do výživy člověka. Díky vyššímu podílu zpracovávaného žita a nezanedbatelnému podílu ječmene (i ovsa) jsme přirozeným způsobem v běžných, každodenně konzumovaných pekařských výrobcích i jiných cereálních výrobcích přijímali významné množství gelotvorných, ve vodě bobtnavých polysacharidů (**pentosany žita, b-glukany ječmene a ovsa**). Tyto složky vlákniny vykazují specifické funkční vlastnosti a mají vliv na zdraví člověka (prevence řady civilizačních onemocnění).

V dřívějších dobách byly běžnou součástí jídelničky i další obiloviny nebo výrobky z nich. Konzumovala se **pohanka, jáhly, kroupy, klíčky**,



různé vložky a v neposlední řadě široká škála **luštěnin**. Mnohé z těchto potravin se dostaly na samotný okraj zájmu většiny populace, což vedlo k některým závažným zdravotním důsledkům (rizika rakoviny tlustého střeva a konečníku, poruchy metabolismu a rizikové faktory označované jako metabolický syndrom apod.).

Společný botanický původ obilovin předurčuje jejich vzájemnou podobnost jak v tvorbě a struktuře zrna, tak v jeho chemickém složení, tj. např. v uspořádání obalových a podobalových vrstev obilného zrna, nebo v zastoupení jednotlivých aminokyselin v obilných bílkovinách nebo specifických mastných kyselin v tukových složkách. Mezi jednotlivými botanickými rody a druhy obilovin jsou odlišnosti v obsahu a kvalitě bílkovin, vlákniny, tuku apod. Postupem doby byla zjištěna vhodnost použití jednotlivých druhů obilovin pro různá zpracování.

Obilná zrna průměrně obsahují 60-70 % polysacharidů (škrob a neškrobové polysacharidy), 8-14 % bílkovin a 1-5 % tuků. Jsou bohatým zdrojem vitaminů skupiny B a vitamínu E (tokoferoly, tokotrienoly). Z minerálních látek obsahují zejména vápník, železo, hořčík, měď, mangan, zinek a fosfor. Nezanedbatelnou roli ve výživě a zdraví hrají také karotenoidy (zejména lutein), polyfenolové složky obilných zrn (jako jsou fenolické kyseliny, alkylresorcinoly, lignany), fytoosteroly a další biologicky aktivní látky (cholin, betain a apod.).

Pro zvýšení výživové hodnoty výrobku, výrobu tzv. funkčních potravin včetně výroby cereálních produktů s nižším glykemickým indexem, jsou např. zpracovávány **nově šlechtěné odrůdy ječmene s vyšším obsahem beta-glukanů**, celkové vlákniny, vybraných esenciálních aminokyselin nebo některých minerálních látek. Zajímavé je také využití speciálních waxy odrůd ječmenů.

Obilná zrna je možno zpracovávat mnoha různými způsoby. Principiálně je možné toto zpracování rozdělit na **primární a sekundární**. Primárními zpracováními se myslí očištění, povrchové opracování a dezintegrace zrna, sekundárními pak zpracování produktů – očištěných různou měrou povrchově opracovaných nebo dezintegrováných zrn. Povrchovou úpravou se rozumí odírání, broušení, loupání (peeling, debranning). **Dezintegraci** je možno vést buďto nejstarším a nejjednodušším způsobem, tj. rozdrčením celého, pouze očištěného zrna do formy celozrnných krupic a mouk různé granulace, nebo po povrchovém opracování různé hloubky a intenzity, nebo standardním mlýnským způsobem. Standardním způsobem se zpracovávají nejrozšířenější (chlebové) obiloviny, v našem regionu jsou to zejména pšenice a žito.

Standardní způsob zpracování spočívá v čištění a kondicionování zrn (souhrnně přípravě zrna k mletí). Kondicionováním dnes rozumíme v drtivě většině případů systém nakrápění a odležení (u pšenice často ve dvou stupních), nikoli v kombinaci se záhřevem, jak tomu bylo dříve. Tato technologická operace má za cíl upravit fyzikálně-chemické vlastnosti zrna tak, aby je bylo možno ve vlastním mlecím procesu optimálně zpracovat. **Vlastní mlecí proces** pak spočívá v opakovaném drčení a třídění meliva v několika **mlecích chodech** (pasážích). Smyslem tohoto poměrně složitějšího postupu je opatrné otevření zrna na prvních mlecích chodech (šrotech), oddělení obalových a podobalových vrstev od endospermu a vymílání mouk o předepsané čistotě (dané obsahem minerálních látek – popela) a granulaci.

Výsledným produktem jsou **mouky a krupice** jako hlavní produkty, a **otruby** jako vedlejší produkt. Mouky a krupice jsou tvořeny převážně složkami endospermu (škrobem a bílkovinami – prolaminou a gluteliny). Obsah ostatních složek

je zejména u pšeničných mouk zanedbatelný. Do **otrub** tak přecházejí složky aleuronové vrstvy bohaté na nelepktovorné bílkoviny, minerální látky a složky ostatních obalových a podobalových vrstev obsahujících významné podíly neškrobových polysacharidů a dalších látek souhrnně označovaných jako **vláknina**.

Sekundární zpracování, zpracování primárně vzniklých produktů – očištěných, povrchově opracovaných nebo dezintegrováných zrn má celou řadu podob, které se historicky vyvíjely od paleolitu. Celá zrna lze máčct, spařovat, vařit, fermentovat, mačkat, vločkovat, pufovat, extrudovat apod. Prakticky totéž lze provádět (často s výhodou) s různou měrou povrchově opracovanými či dezintegrovanými zrny. Tímto způsobem vznikly **obilné kaše**, **fermentované kaše**, z nichž se postupem času vyvinulo **pivo** (známé již v Sumeru), **placky** a postupně fermentované **celozrnné a jiné chleby**.

V posledních staletích všechny tyto produkty svým významem postupně zastínily a vytlačily sekundární produkty standardních mouk – **chléb** a **pečivo**, jak je známe dnes v jejich mnoha podobách a formách. V posledním století v našem regionu postupně také převzala absolutní **dominanci pšenice a téměř vytlačila jak ječné, ovesné, prosné a další obilné produkty, tak i tradiční žito**.

V euroamerickém civilizačním okruhu dnes stále jednoznačně dominují světlé pšeničné výrobky – **chléb, běžné a jemné pečivo**. Globálního rozšíření pak dosáhlo několik produktů, zejména bagety, hamburgerové bulky, toastové chleby nebo také croissanty, specificky k nim náleží také pizza. Jejich oblíba je obrovská a prozatím trvalá.

Potíž je s jejich významem ve výživě. S výjimkou celiaků a některých alergiků nejsou nikterak


zdraví škodlivé. Nicméně vedle vysoké energetické hodnoty (a také hodnoty glykemického indexu), tj. jedná se o velmi pohotový zdroj využitelné energie, nepřinášejí žádný další benefit.

A energetická bilance je v populaci vyspělých zemí značně přebytečná. Běžné a jemné pečivo tak svým dílem přispívá jak k nadváze, obezitě, tak k šířícímu se výskytu cukrovky.

Z toho důvodu nastává postupný (zatím stále spíše okrajový) návrat k tradičním plodinám – **žit**, **ječmeni**, **ovsu**, **pohance** atd. ale i k tradičním způsobům zpracování obilovin s vyšším využitím výživového potenciálu obalových a podobalových vrstev. Postupně vznikají nové technologie zpracování celého zrna, navrací se **zájem o zápary** a další pozapomenuté technologické postupy, roste **zájem o spontánní nebo řízené kvasy s mléčným kvašením**. K tomu, že se v poslední době situace začíná měnit, přispěl i velmi problematický a mnoha mýty zatížený rozruch okolo pšenice, zejména pak lepku. Snaha o renesanci opomíjených, avšak nutričně velmi bohatých a cenných plodin (surovin) je i proto zjevná.

Cereální chemii a technologii se tak otvírá prostor pro využití moderních poznatků chemie, analytické chemie, biochemie, mikrobiologie a molekulární biologie. Na jejich základě je možno a nutno z nové perspektivy a při využití moderní techniky zkoumat **například roli mikroflóry kvasů, vztahy probiotik a prebiotik a jejich vliv na střevní mikrobiotu**, podrobně zkoumat složení produktů různých forem mléčného kvašení a jejich fyziologický význam. Dále, a to zejména, je třeba dále **zkoumat složení vlákniny a skutečné fyziologické účinky jejich složek** i dalších minoritních složek obalových a podobalových vrstev zrna.

S rozšířením sortimentu zpracovávaných obilovin a zároveň návratem k celozrnným produk-



tům stoupne význam toxikologického pohledu na obiloviny, na jejich **kontaminanty**, zejména na mikrobiální produkty (mykotoxiny) a jejich účinky, stejně jako na rezidua pesticidů. V souvislosti s tím stoupá význam moderního výzkumu **biologické ochrany rostlin v zemědělství a ekologického hospodaření**.

To vše jsou potenciální témata pro jednání naší pracovní skupiny, některá z nich již delší dobu

také systematicky řešíme. Hledají-li se cesty (možnosti), jak zvýšit podíl minoritních obilovin a pseudobilovin a celozrnných produktů v našem jídelníčku, je třeba se vážně zabývat jejich **senzorickými vlastnostmi a celkovou atraktivitou**. K tomu by měly sloužit nové mlýnské i pekárenské technologické postupy. I jejich vývoj by měl být i nadále předmětem našich jednání.

Použitá literatura k části Moderní trendy zpracování různých obilovin:

https://www.czso.cz/csu/czso/zem_cr

Příhoda J., Humpolíková P., Novotná D. (2003): Základy pekárenské technologie.

Pekař a cukrář s.r.o., Praha.

Příhoda J., Skřivan P., Hrušková M. (2004): Cereální chemie a technologie I. VŠCHT Praha.

Ulmer K. (2011): Technology & Equipment Grain Milling. Bühler AG, Uzwil.

Erling P (ed.). (2008): Handbuch Mehl- und Schällmüllerei. Agrimedia GmbH, Clenze.

Gordon B. (ed.), Willm C (ed). (1994): Primary Cereal Processing.

A comprehensive sourcebook. VCH Publishers, Inc.



Pšeničné bílkoviny

– významná složka potravy v minulosti i v současnosti

(O. Faměra)

Vývoj lidské společnosti je úzce spjatý se zdroji potravy. Její dostatek nebo nedostatek výrazně ovlivňoval počet obyvatel na určitém území, způsob života společenství i stěhování celých národů na nová území. Nové způsoby v zemědělské činnosti, které byly spojené s nárůstem produkce zemědělských surovin, a které znamenaly zvýšenou výrobu potravin, vedly ke strmému zvýšení počtu obyvatel. V některých obdobích se takový stav označuje jako **zemědělská nebo zelená revoluce**.


Skladba potravin člověka se v různých oblastech světa vyvíjela podle nabídky vhodných rostlinných druhů, které se tam přirozeně vyskytovaly. Ve stále větší míře se však prosazovaly druhy rostlin, které se šířily kvůli svým významným užitným přednostem. Tyto přednosti spočívaly ve dvou oblastech – umožňovaly zajistit významným způsobem výživu lidí nebo poskytovaly jiné významné hospodářské užití a současně pěstitelské nároky daného druhu umožňovaly rozšíření do různých pěstitelských oblastí. **Mezi nejdůležitější zdroje potravy člověka patřily a patří obiloviny a především druhy z rodu pšenice (*Triticum* L.).**

Při hodnocení historických zdrojů obilovin je potřeba rozlišit, o který druh pšenice se v určitém případě jedná. Hluboko před naším letopočtem byly jako zdroje potravy využívány různé druhy **pšenice – jednozrnka** (*T. monococcum* L.), **dvouzrnka** (*T. dicoccum* Schrank), **pšenice naduřelá** (*T. turgidum* L.) a později **špalda** (*T. spelta* L.). Tyto druhy pšenice měly podstatnou nevýhodu – obilky se přirozeně nevolňují z klasových obalů (pluch, plušek a plev). Klas se rozpadá podle článků klasového vřetene na

celé klásky. Obilky se musí z těchto obalů dosti namáhavě loupát.

Poměrně složitým přirozeným vývojem druhů rodů *Triticum* a *Aegilops* vznikl nejvýznamnější druh – **pšenice setá** (*T. aestivum* L.). Loupaní zrna z klasů u pšenice seté odpadá, protože obilka je v době zralosti jen lehce sevřená mezi pluchou a pluškou. Při přezrání mají obilky tendenci z klasů samovolně vypadávat.

V mladší době kamenné, v neolitu, se ve střední Evropě nejvíce pěstovala pšenice dvouzrnka často společně s pšenicí jednozrnkou asi v poměru 2 : 1. Pšenice setá se začala v naší oblasti rozšiřovat u Keltů. Teprve s příchodem Slovanů v polovině 1. tisíciletí n. l. nastal **větší rozvoj pěstování pšenice seté**. Podle četnosti jejího výskytu v archeologických nálezech se usuzuje, že pšenice setá byla **u Slovanů** co do objemu produkce **hlavní obilovinou** (Kuna a Profantová, 2005). Vzhledem k její větší náročnosti na podmínky pěstování docházelo k poklesu výnosů vlivem nedostatečné úrovně tehdejšího zemědělství. **Ve středověku** byla pšenice setá pěstovaná spíše okrajově. V daleko větší míře bylo pěstováno **žito**, které se vzhledem k menší náročnosti lépe vyrovnávalo s extenzivním způsobem hospodaření na orné půdě. Tento stav trval téměř až do první poloviny 20. století. Při zlepšení agrotechnice a výnosovému pokroku ve šlechtění nových odrůd se výrazně projevily přednosti výnosového potenciálu pšenice seté. Z minulých tisíciletí a století jsou poměrně dobře známé druhy pěstovaných plodin, částečně i postupy jejich zpracování a úpravy na potraviny a pokrmů. Složitější však je, pokud máme v minulosti odhadnout skutečný stav úrovně



výnosů plodin. Ještě obtížnější je, vytvořit si bližší **představu o vlastnostech surovin ve vztahu k vlastnostem připravených pokrmů a potravin**. Tedy z dnešního pohledu – jaká asi byla kvalita rostlinných produktů a jejich látkové složení?

Sporadicky nalezené obilky nebo potraviny neumožňují provedení spolehlivé analýzy látkového složení. Na základě rozborů provedených u **genetických materiálů pšenice** pocházející z tzv. „zapomenutých oblastí světa“ nebo uchovávaných starých genotypů se může dospět alespoň k odhadu jakostních vlastností obilovin v minulosti.

Pro porovnání kvalitativního složení zrna pšenice a jeho vlastností v minulých stoletích a u současných odrůd pšenice bude mít význam i **způsob mletí (drcení) obilek**. Různý podíl meliva z jednotlivých částí obilek (vnější, vnitřní endosperm) získaný při odlišné technologii dezintegrace zrna ovlivní pekařské a výživové vlastnosti pečiva. Víceméně celozrnná mouka nebo spíše šrot při jednoduchém drcení zrna nebo mletí na žernovech umožňovaly **plnohodnotné využití látkového složení zrna**. Postupnou úpravou technologie mletí se u současných komerčních druhů pšeničných mouk, např. hrubá, polohrubá, hladká mouka, uplatňuje třídění meliva s důrazem na vyšší podíl lepkových bílkovin. Většina bílkovin okrajových částí endospermu (s vyšším podílem esenciálních aminokyselin – albuminy, globuliny) se oddělují mimo tyto **pekařské mouky**.

Bílkoviny pšeničného zrna umožnily lidem již **v době kamenné vypracovat těsto z nadrceného šrotu** s přidáním vody. Vzniklé těsto vytvarované do placky se buď sušily nebo se pekly na ohni nebo na rozpálených kamenech. Již **ve starověku a středověku** člověk využíval schopnosti pšeničných bílkovin, gliadinů a gluteninů, tvořit **kompaktní hmotu těsta**. Tažnost a pružnost lepkou umožnila vhodné tvarování těsta a koneč-

ného „výrobku“. O konkrétních vlastnostech připravených potravin z pšenice se můžeme jen dohadovat. Genotypová rozmanitost rostlin tehdy pěstované pšenice byla jistě širší než dnes, ale v konečném efektu asi vedla k jakési průměrné kvalitě hodnoceno dnešní představou o pekařské kvalitě.

Beranová (2015) uvádí **hodnocení kvality pravekých chlebů** provedené německým archeologem Maxem Währenem. Na pohřebišti Rhede (Německo) **z doby bronzové** byly v hrobech nalezeny malé kousky chleba. I na těchto zbytcích chleba bylo možné rozlišit různou kvalitu. Währen rozlišil několik kvalitativních skupin:

- výborný
- s hrubší moukou a dobrým kvašením
- s hrubší moukou a horším kvašením
- ještě dobrý
- na hranici mezi dobrým a horším
- nedobrá.

Je zajímavé, že se podařilo rozdělit **kvalitativní vlastnosti dochovaných zbytků chlebů** do tak široké škály. Podle stručného slovního názvu skupin lze odhadnout rozdíly v pracovním postupu a dílčím vlivu použité mouky. Lze se jen domnívat, že kvalita byla dána spíše jinými vlivy než rozdíly danými genetickými odlišnostmi partií pšenice. 90 % náleží kousků chleba bylo zařazeno do **kategorie kvality výborný až dobrý**.

Určitý kvalitativní vliv pšenice vyjadřuje dělení chleba **z období Říma**, i když vliv výběru určité frakce meliva je zřetelný. Druhy chleba:

- panis siligineus – z nejlepší pšenice
- panis simila, similago – z čisté pšeničné mouky
- panis cibarius, secundus, plebiscit – z neproseté mouky s otrubami
- panis furfurens, acerosus – z více šrotu než z mouky.

Další jakostní členění římského chleba bylo **podle jemnosti střídy**. Tady už je možné uvažovat i o kvalitativních vlivech pšenice použité pro výrobu mouky.

- jemný chléb – panis tener, candidus
- chléb hrubší a horší – panis durus, alter, sordidus.

Konkrétní kvalitativní pekařské hodnocení partií pšenice lze provést až u zachovalých genotypů tzv. **krajových odrůd**.

Jedná se o partie zrna pšenice, které se v určitých oblastech stále opakovaně vysévaly a udržovaly se relativně odděleně na základě fenotypových znaků. V dané oblasti se pěstovalo několik takto odlišných partií pšenice. Protože zde až do druhé poloviny 19. st. neprobíhaly cílevědomé šlechtitelské zásahy, obecně se tyto materiály označují jako krajové odrůdy. Zpravidla měly místní názvy např. Česká červenka, Hodonínská holice.



Z potravinářského hlediska je dnes u pšenice nejvíce sledován **obsah dusíkatých látek (neboli N-látek) a jejich vlastnosti**. Jejich obsah v zrnu pšenice bývá 10-13 %. Dusíkaté látky jsou tvořeny z velké části bílkovinami, jejichž základními jednotkami jsou aminokyseliny. U pšenice mechanickým zpracováním mouky nebo šrotu s vodou dochází k propojování peptidových vazeb části bílkovin, které postupně vytvoří prostorovou strukturu těsta. Tato gelovitá, ve vodě

nerozpustná, hmota je označována jako lepek, v mnoho jazycích jako „gluten“.

Bílkoviny jsou biopolymery složené řetězením základních stavebních jednotek – aminokyselin. Bílkoviny je možné rozdělit podle funkce v organizmu rostlin na **strukturní (stavební), katalytické (enzymy, hormony), transportní, zásobní a další**.

Snahou o dělení rozmanitých struktur bílkovinného komplexu je starší dělení podle rozpustnosti bílkovin v různých rozpouštědlech. Tzv.

Osbornovo dělení bílkovin rozlišuje

4 skupiny dusíkatých látek: albuminy – rozpustné ve vodě, globuliny – rozpustné v roztocích solí, prolaminy (gliadiny u pšenice) – rozpustné v 70% alkoholu, gluteliny (gluteniny u pšenice) – rozpustné ve zředěných roztocích kyselin a zásad. Zpravidla zůstává ještě určitý podíl nezařazeného

nerozpustného zbytku. U pšenice jsou používány specifické názvy těchto frakcí (**viz tab. 1**).

Podle vyššího zastoupení esenciálních aminokyselin jsou **albuminy a globuliny z výživového hlediska hodnotnější**. V endospermu pšenice jsou více zastoupeny v periferní oblasti, zvláště v aleuronové vrstvě. Gliadiny a gluteniny jsou více obsaženy ve středě endospermu a rozhodujícím způsobem se podílejí na vlastnostech vypracovaného lepku a vyrobeného pečiva. **Gliadiny umožňují tažnost lepku**, zatímco **gluteniny působí na pružnost lepku**. Jejich podíl v mouce se pohybuje okolo 80 %.



Tab. 1.: Složení bílkovin obilovin podle rozpustnosti (Velíšek, 1999)

Obilovina	Albumin Leukosin %	Globulin Edestin %	Prolamin Gliadin %	Glutelin Glutenin %
Pšenice	14,7	7,0	32,6	45,7
Žito	44,4	10,2	20,9	24,5
Ječmen	12,1	8,4	25,0	54,5
Oves	20,2	11,9	14,0	53,9
Rýže	10,8	9,7	2,2	77,3
Kukuřice	4,0	2,8	47,9	45,3



V roce 1930 uvádí Dr. Karel Kavina následující charakteristiku pšeničných bílkovin: „Obilky pšenice obsahují průměrně 10-13 % bílkovin. Z bílkovin, kromě ve vodě rozpustných edestinu a leukosinu, jsou důležité i nerozpustné bílkoviny tvořící lepek, který jest směsí hlavně gliadinu, gluteninu, konglutinu, glutenkaseinu a glutenfibrinu. Lepek se tvoří teprve při zadělání mouky bobtnáním bílkovin s vodou a jest podmínkou dobré pečivosti. Čím obilka obsahuje více lepku, tím jest tvrdší a sklovitější. Extrémně kontinentální podnebí jihoruské stepní oblasti s výbornou černozemí vytvořilo sorty tvrdých pšeníc (zde odrůdy pšenice seté) až s 20 % lepku.“

V České republice je shromážděn genofond pšenice (druhů a odrůd) v Genové bance Výzkumného ústavu rostlinné výroby v. v. i. v Praze – Ruzyni. Jsou zde udržovány vzorky semen starých krajových odrůd, starších i nových šlechtěných odrůd pšenice původem jak z ČR (Československa), tak i ze světa.

V polních pokusech v letech 2009-2011 bylo zkoušeno 20 vysokobílkovinných gluteninových GLU-Linií, odvozených z původních evropských krajových odrůd a 15 moderních šlechtěných materiálů včetně 2 kontrastních odrůd tritikále (Dotlačil a kol., 2011). U krajových odrůd se jednalo o výběr linií genotypů se zvýšeným obsahem lepkových bílkovin.

Z dosažených výsledků lze zdůraznit významně vyšší délku stébla, vyšší náchylnost k poléhání, padlí travnímu a často vyšší hmotnost 1000 zrn u **GLU-bílkovinných linií**. Naopak o něco nižší byl počet zrn v klasech krajových linií. Linie odvozené z krajových odrůd potvrzovaly **významně vyšší obsah N-látek a mokrého lepku, sedimentační index (Zelenyho test, ZT), objemovou hmotnost (OH)**. Např. v roce 2010 byl průměrný obsah N-látek ve šrotu zrna u linií 16,1 % a Zeleny test 28-61 ml, u odrůd 13,5 % N-látek, ZT 21-68 ml. Rovněž farinografické ukazatele a parametry přímého pekařského testu (ukazatele související s vlastnostmi bílkovin) vy-

kazovaly signifikantně vyšší hodnoty ve srovnání s odrůdami pšenice a tritikále. U GLU-linií se projevila vyšší stabilita obsahu mokrého lepku, sedimentačního indexu a tvrdosti zrna (metoda Particle size index - PSI) ve srovnání se skupinou prošlechtěných materiálů.

U senzoričkových charakteristik byly rovněž zaznamenány významné rozdíly. U všech pšeničných genotypů byl tvar výrobků většinou dobře nebo středně klenutý. Barva kůrky byla převážně typicky pečivová. Parcelace kůrky byla zpravidla dobrá nebo méně výrazná. Pružnost střídy byla dobrá. Charakter pórů střídy byl jemný až středně jemný s jemnými stěnami, někdy s nerovnoměrnou velikostí. Chuťové rozdíly mezi vzorky byly zpravidla malé, na úrovni stupně "dobrý".

Na Jihočeské univerzitě v Českých Budějovicích byl podobně zkoušen vybraný soubor jarních krajových odrůd pšenice seté. Také zde se jednalo o materiály s předpokládaným vyšším obsahem bílkovin v zrně. Většina těchto krajových odrůd vykazovala vyšší obsah N-látek v zrně než kontrolní současné odrůdy.

Diskuze okolo pekařské jakosti pšenice není nic nového. Jedná se naopak o starou záležitost. Ukazují to např. **komentáře na úrovni Československé Akademie Zemědělské z roku 1931**.

Prof. Stoklasa zde připomíná, že **již v roce 1886** byl vznesen požadavek na vládní podporu snah na **zvýšení výnosů a zlepšení kvality českých pšenice**, zvláště tvrdých (zde opět pšenice seté). Historie se v principech opakuje. V roce 1905 byla uspořádána anketa, jak zlepšit úroveň českých pšenice, aby bylo možné snížit dovoz uherské pšenice a mouky. K tomu byly zřízeny **výzkumný ústav pro zušlechťování pšenice a mlynářská stanice**. Současně autor lituje nedostatečného naplnění těchto snah vlivem nedostatku financí.

V roce 1930 Státní ústav potravinářský v Brně zjistil velmi špatnou jakost lepku u dovezené mouky z Maďarska, která se bez kontrol všeobecně považovala za prvotřídní.

Na pšeničné výstavě v letech 1928 a 1929 vykazovaly domácí zušlechtěné odrůdy typu přesívky Postoloprtská, Kašická, Dregerova, Dobrovická ozimá a Dregorova B I. 22 dobrou kvalitu. Obsah mokrého lepku v roce 1929 kolísal 29,1-42,5 %, suchého lepku 12,1-14,7 % (Chmelař, 1931).

Podle Petra a Vilikovského (1931) se na domácí trž dostaly **také zámořské pšenice a mouky**. Mlynáři upřednostňovali pšenice se sklovitým a tvrdým endospermem z pšenice seté. Mouka z těchto pšenice bývá vydatnější, více váže vodu, vytváří více těsta. Lepek je dobře tažný.

V podrobném popisu požadavků mlynářů na jakost pšenice uvádí Petr a Vilikovský (1931) mimo jiné, že **tvrdost zrna je nejdůležitější vlastností zrna**. Souvisí s chemickým složením zrna, zvláště s obsahem bílkovin a s odrůdou. Tvrdost endospermu zásadně ovlivňuje proces mletí a výtěžnost mouky.

Z diskuze v roce 1931 je možné usoudit na obecný charakter pěstovaných krajových odrůd pšenice na území Čech a Moravy v předchozím období. Zrno odpovídalo spíše moučnému typu s měkkým endospermem (konstatovaný jakostní kontrast s americkou nebo jihoruskou sklovitou pšenicí). Z toho vyplývá asi nižší obsah lepku s horší kvalitou podle mlýnsko – pekařského hodnocení. To ukazuje na relativně nižší podíl nerozpustných bílkovin gliadinů a gluteninů.

V období po první světové válce se rozvíjelo šlechtění pšenice. Krajové odrůdy byly použity ke křížení s pekařsky kvalitními zahraničními

odrůdami. Vznikaly pak naše odrůdy např. Chlumecká 12, Selecty, Ideal, Diosecká, Dregerova červenka a další.

Trend zvyšování požadavků na pekařsky významné jakostní ukazatele a vlastnosti lepkových bílkovin pokračuje až do současnosti. Je však potřeba usměrnit mnohá mylná tvrzení v souvislosti s obsahem lepku. Zavádějící bývají údaje kritiků konzumace pšeničných potravin o zvýšení obsahu lepku v současných odrůdách pšenice až o 40 % oproti minulosti. Tyto omyly vyplývají z neznalosti problematiky. Jsou pak srovnávány číselné hodnoty různých ukazatelů (obsah dusíku, obsah N-látek, obsah mokrého lepku – ve šrotu, v mouce, s přepočtem na sušinu nebo nepřepočtené atd.) shrnuté pod „**vše objímající**“ pojem lepek. Další zásadní nedorozumění okolo množství lepku vyplývá z **velké proměnlivosti bílkovin**, které se podílejí na jeho tvorbě a které ovlivňují výsledné hodnoty analýz. Metodická nejednotnost při vyjádření výsledků obsahu lepku přináší těžkosti při porovnání výsledků z různých zdrojů, pokud není uveden přesný postup. **Ve 30. letech byla metodika stanovení obsahu lepku odlišná** od dnešního postupu. Vzorek pšenice se sešrotoval a následně se proséval na moučném sítu (velikost ok neznámá). Prosátá mouka se použila k vypírání lepku.

Zde je nutné připomenout dnešní **rámčový způsob stanovení množství tzv. mokrého lepku** v sušině ve vzorku šrotu pšenice nebo ve vyrobené mouce. Hmota lepku se postupně vypracovává ručním nebo přístrojovým hnětením s roztokem chloridu sodného a promýváním vodou. Odplavují se rozpustné složky bílkovin – albuminy a globuliny a škrobová zrna a další ve vodě rozpustné složky. V závislosti na vlastnostech gliadinů a gluteninů daného vzorku se vytváří **hmota označovaná jako lepek**. Tyto frakce bílkovin mají u různých odrůd a partií pšenice odlišnou schopnost tvorby inter- a intramolekulárních ne vazebných interakcí, vodíkových můstků a disulfidových vazeb a tím i utváření lepku. Podle celkového obsahu bílkovin, podle poměru jednotlivých frakcí a jejich vlastností je možné vyprat lepek kompaktní, různě tažný a plastický nebo nesoudržný, rozvolněný. U některých vzorků se tímto způsobem lepek vůbec nepodaří vyprat.

Výsledné hodnoty obsahu mokrého lepku přepočtené na 100% sušinu vzorků se pak pohybují v širokém rozsahu, které vyplývají z **genetické variability pšenice a podmínek při pěstování pšenice**. Zde jsou geneticky dané přirozené „mantinely“ možného rozsahu obsahu lepku u pšenice seté.

Tab. 2.: Kvalitativní rozbor zrna výběru odrůd pšenice ozimé, stanice ÚKZÚZ Lednice, Lípa, Staňkov, 2014, rozbor ČZU Praha (interní sdělení, Faměra)

Pekařská skupina	Počet odrůd z lokality	Obsah N-látek	Obsah mokrého lepku v sušině	Gluten index	Sediment. index ml.	Objem. hmotnost kg.hl ⁻¹	Tvrdość PSI %
E	2	12,08	25,8	96	47	80	13,9
A	6	12,34	27,1	89	47	80	13,5
B	2	11,69	26,9	82	37	79	14,2
C	2	11,10	22,8	92	33	78	15,9

Hodnocení zrna pšenice na přelomu dvacátých a třicátých let 20. století bylo zaměřeno na hektolitrovou váhu, na posouzení tvaru a barvy zrna, na sklovitost nebo moučnatost a množství lepku. Naproti tomu výkupní podmínky pro pšenici v roce 1954 mají jen jeden kvalitativní ukazatel zrna – hektolitrovou váhu. Podle její úrovně byla pšenice vykupována v pěti jakostních (cenových) třídách.

Laboratoř cukrovaru Dioseg na jižním Slovensku prováděla v roce 1930 rozборы zrna nakupované pšenice pro své mlýny. Obsah mokrého lepku je uveden v rozmezí 29,3 až 45,1 % a lepek suchý 9,7 až 12,9 %.

Na základě rozborů pšenice sestavil ředitel Dělnické pekárny a cukrárny v Brně Haluška (1931) **čtyři skupiny pekařské hodnoty**:

Skupina A: Lepek tuhý, pružný, tažný; suchý lepek objemný, pěkně vyklenutý, tudíž ideálních vlastností. Velice dobrá pekařská hodnota mouky.

Skupina B: Lepek tuhý, méně pružný, dosti tažný; suchý lepek menšího objemu, méně vyklenutý. Dobrá pekařská hodnota mouky.

Skupina C: Lepek měkký, málo pružný, málo tažný; suchý lepek nízký, rozběhlý. Špatná pekařská hodnota mouky.

Skupina D: Lepek nepružný, nedosti tažný, nesoudržný, drobný. Suchý lepek rozběhlý, velice nepřiznivý. Velice špatná pekařská hodnota mouky.

Odrůdy současného sortimentu pšenice jsou jakostně prověřovány v Ústředním kontrolním a zkušebním ústavu zemědělském v Brně. Výsledkem obsáhlých rozborů je zařazení odrůdy do skupiny pekařské jakosti: E – pekařsky elitní,

A – kvalitní, B – chlebová, C – pekařsky nevhodná. Seznam odrůd pro rok 2016 (ÚKZÚZ) čítá 29 odrůd jarní pšenice a 127 odrůd ozimé pšenice.

Rozsah ploch pěstované pšenice se zaměřením na pekařskou kvalitu (E, A) výrazně překračuje českou spotřebu mlýnských produktů. Hlavní motivací pěstitelů je vyšší nákupní cena potravinářské pekařské pšenice a lepší uplatnění na trhu zemědělských komodit než pšenice s nižší jakostí. **Přebytky jsou vyváženy do zahraničí.**

Na konci 70. let minulého století vznikly pro mlýny problémy s nedostatkem kvalitní pekařské pšenice. V té době již neprobíhal masivní dovoz pekařsky kvalitní sovětské pšenice. Jehl (1980) uvádí údaje o průměrném obsahu mokrého lepku u pšenice uložené na zásobách a konstatuje, že se nedaří zajistit v dostatečném množství kvalitní pšenice pro mlýny (tab. 3 a 4). Přestože ve sklizni pšenice v roce 1979 bylo dosaženo vysokého obsahu mokrého lepku 29,6 %, nedostatek kvalitní pekařské suroviny pokračoval vlivem jeho horší technologické jakosti (nízká bobtnavost) (viz tab. 3). Velký přínos pro zvýšení kvality pšenice se očekával od zavedení **nového jakostního hodnocení při nákupu pšenice a diferencovaného cenového hodnocení (Škopec, 1980).**



Tab. 3.: Průměrný obsah mokrého lepku u sklizené pšenice v ČSSR v období 1967-1979 (Škopek, 1980) a průměrný obsah mokrého lepku na zásobách v letech 1974-1978 (Jehl, 1980)

Ukazatel	"67	"68	"69	"70	"71	"72	"73	"74	"75	"76	"77	"78	"79
obsah lepku	25,0	25,1	24,6	25,9	24,8	23,3	28,6	24,4	27,8	26,9	22,7	20,7	29,6
tažnost cm	-	9	7	11	8	7	9	10	11	8	8	8	9
bobtn. ml	12	11	9	11	12	12	9	10	10	11	8	9	8
*obs. NL %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,0	11,7	11,6	14,0
**obs. lepku %	-	-	-	-	-	-	-	21,7	24,7	24,9	20,7	17,9	-

*obsah N-látek = N x 5,7

**údaje z rozborů zásob pšenice 1974-1978

Tab. 4.: Množství pšenice vyhovující limitům pro potravinářskou (pekařskou) pšenici, ČSSR 1979

Ukazatel jakost	Limit podle ČSN 46 1141	Podíl produkce pšenice vyhovující dle ČSN %
Obsah mokrého lepku v sušině	nejméně 23 %	91,3
Tažnost	5-14 cm	94,7
Bobtnavost nejméně	8 ml	53,5!

Hodnocení zrna pšenice (bez uvedených limitů příměsí a nečistot) 2016 (od 2002)

ČSN 46 1100-2 Obiloviny potravinářské – část 2: Pšenice potravinářská

ČSN 46 1200-2 Obiloviny – část 2: Pšenice

Jakostní ukazatele	Pšenice potravinářská		Pšenice
	Pšenice pekárenská	Pšenice pečivářská	
Vlhkost (%)	nejvýše 14,0	nejvýše 14,0	nejvýše 14,0
Objemová hmotnost (kg.hl-1)	nejméně 76,0	nejméně 76,0	nejméně 73,0
Obsah N-látek v sušině (N x 5,7) (%)	nejméně 11,5	nejvýše 11,5	nejméně 10,5
Sedimentační index – Zeleného test (ml)	nejméně 30	nejvýše 25	nejméně 22
Číslo poklesu (s)	nejméně 220	nejméně 220	nejméně 220

Před rokem 1990 se spotřebovaly **dvě třetiny produkce zrna pšenice na krmné účely**. Se stálým poklesem stavů jednotlivých kategorií hospodářských zvířat výrazně kleslo uplatnění pšenice na krmení. Z hlediska výživového, jak pro zvířata, tak okrajově i pro člověka, jsou významnější tzv. rozpustné frakce bílkovin – albuminy a globuliny. Pro krmné účely jsou proto vhodnější některé odrůdy z kategorie pekařsky méně vhodné (B) a nevhodné (C). **Jednotlivé frakce bílkovin se liší biologickou hodnotou a stravitelností.** Nejvyšší hodnoty těchto kritérií vykazují albuminy a globuliny. V nákladných krmivářských pokusech se však dostatečně průkazně nepotvrdily vztahy mezi zkoušenými jakostními ukazateli a parametry užítkovosti kategorií zvířat. Z těchto důvodů **není oficiálně zaveden pojem „krmná pšenice“.**

V různých krmivářských testech hrály bílkoviny rozhodující úlohu, jak je patrné z jejich názvů: biologická hodnota bílkovin (BHB), netto využití dusíku (NPU), koeficient bilanční stravitelnosti (KBSb), bílkovinný produkční poměr (PER), index esenciálních aminokyselin (EAAI).


Bílkoviny pšeničného zrna se v současné době využívají k celé řadě specifických postupů. Při detekování výskytu určitých alel se uplatňují bílkoviny s vysokou molekulovou hmotností – **gluteniny HMW-GS**. Jejich výskyt je v přímé vazbě na technologickou kvalitu pšenice.

Gliadinové a gluteninové bílkoviny pšenice se vyznačují značnou genetickou proměnlivostí a jsou ve vazbě na hospodářsky významné vlastnosti. Bílkovinný a genetický polymorfismus umožňuje využití bílkovinných markerů pro lokalizaci alel s významnými vlastnostmi (Černý a Šašek, 2001).

Ve šlechtění nebo při identifikaci odrůd se používají metody elektroforézy na polyakrylamidovém (PAGE) nebo ve škrobovém gelu (SGE). Při tom se využívá rozdělení bílkovin v elektrickém poli na bílkovinné podjednotky (např. separace gliadinů) podle molekulové hmotnosti. V kontrolní činnosti pravosti odrůd se provádí srovnání sekvence bílkovinných proužků na elektroforeogramu s elektroforetickou charakteristikou v odrůdovém katalogu.

Z naznačených komentářů a opatření je zřejmé, že i v minulosti hrály bílkoviny pšeničného zrna důležitou kvalitativní roli. **Už před více než stolety bylo toto hodnocení zaměřeno především na kvalitu vztahenou k pekařskému užití.** Tento trend zůstává i v současné době. Zřejmě je to proto, že jakost pšenice se promítá do každodenního kritického pohledu výrobců (mlynářů a pekařů) i obyvatel jako spotřebitelů (komerční pečivo, domácí zpracování mouky). Dalším důvodem je propracovaný systém laboratorního hodnocení konkrétních jakostních ukazatelů, které mohou predikovat stupeň vhodnosti využití partií pšenice pro mlynářskou a pekařskou výrobu.

V posledním desetiletí se pojem lepek stal předmětem širokých diskusí. Konzumace potravin obsahující v určité míře prolaminové bílkoviny z pšenice z dalších obilovin je historicky spojená **s lidskou populací mírného pásma. Pro většinu obyvatel není běžný konzum potravin z pšenice problematickou záležitostí.** Málokdo si dovede představit pekařské a jiné kynuté potraviny z pšeničné mouky, která by ve své podstatě neměla schopnost tvořit tažný a elastický lepek. Řešením není ani návrat ke kašovitým potravinám a pečeným plackám. Charakter lepku ovlivňuje průběh hnětení těsta, jeho kynutí a vytváří charakter druhů pečiva a dalších potravin. **Z nutričního hlediska je možné doporu-**



čit nahradit část konzumovaných potravin z tzv. „bílé mouky“ celozrnnými výrobky a potravinami s podílem žitné mouky. Jako při všech stravovacích doporučeních platí – strava by měla být druhově pestrá a energeticky odpovídající charakteru aktivity každého jedince.

Polemické přemítání – jíst či nejíst potraviny s obsahem složek z pšenice, žita, ječmene, ovsy a tritikále, se netýká geneticky nepříznivě disponovaných jedinců na určité prolaminové bílkoviny. **Při onemocnění celiakií nebo alergií**

na tyto bílkoviny je jediným řešením – celoživotní dieta s vyloučením potravin obsahující podíl z těchto obilovin. Pojmy „bezlepkovost, bezlepková dieta, gluten free potraviny“ jsou z tohoto pohledu poněkud zavádějící. Zmíněné zdravotní problémy jsou laickou veřejností vztahovány většinou jednostranně pouze k pšenici. Tyto zdravotně problematické složky bílkovin (prolaminů) jsou obsaženy jak u obilovin se schopností tvořit lepek jako strukturu těsta a pečiva (všechny druhy pšenice a tritikále), tak i u druhů, u kterých lepek nelze získat – u žita, ječmene a ovsy.

Použitá literatura k části Pšeničné bílkoviny – významná složka potravy v minulosti i v současnosti:

- Beranová M. (2015): Jídlo a pití v pravěku a ve středověku, str. 553. Academia, Praha.
- Černý J., Šašek A. (2001): Příspěvek k problematice krmných obilovin a tritikále. In: Konference k problematice N-látek v rostlinných produktech, 28.-29.11.2001, Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.
- Dotlačil L. a kol. (2011): Metody a materiály pro šlechtění a hodnocení pšenice na specifickou kvalitu produkce. Projekt NAZV QH 911 84, 2009-2011.
- Haluška F. (1931): Dnešní požadavky pekařů na jakost domácích pšenic, str. 20-25. In: Zlepšení hodnocení československých pšenic v mlynářství, pekařství, obchodě a výživě obyvatelstva, 20.2.1931, Praha, Časové otázky zemědělské, ČAZ, 30.
- Chmelař F. (1931): Dosavadní naše snahy o zlepšení jakosti domácí pšenice a dosažení soběstačnosti v produkci pšenice, str. 6-11. In: Zlepšení hodnocení československých pšenic v mlynářství, pekařství, obchodě a výživě obyvatelstva, 20.2.1931, Praha, Časové otázky zemědělské, ČAZ, 30.
- Jehl L. (1980): Problematika zajištění nákupu pšenice podle jakosti. In: Za vysoké výnosy a jakost pšenice, s. 151-160. 12.-13.2.1980, Praha, ČVTS.
- Kavina K. (1930): Obilí, str. 185. Státní nakladatelství, Praha, 1930.
- Kuna M., Profantová N. a kol. (2005): Počátky raného středověku v Čechách, str. 593. Archeologický ústav AV ČR, Praha.
- Petr J., Vilíkovský V. (1931): Dnešní požadavky mlynářů na jakost domácích pšenic, str. 16-20. In: Zlepšení hodnocení československých pšenic v mlynářství, pekařství, obchodě a výživě obyvatelstva, 20.2.1931, Praha, Časové otázky zemědělské, ČAZ, 30.
- Prugar J., Hraška Š. (1986): Kvalita pšenice, str. 220. Příroda, Bratislava.
- Škopek B. (1980): Vývoj technologické kvality pšenice a vliv posklizňového ošetřování na jakost zrna, str. 161-172. In: Za vysoké výnosy a jakost pšenice, 12.-13.2.1980, Praha, ČVTS.
- Velíšek J. (1999): Technologie potravin 1, str. 328. OSSIS, Tábor.
- Seznam odrůd zapsaných ve Státní odrůdové knize ke dni 15.6.2016. Věstník Ústředního a zkušebního ústavu zemědělského, 15,3, str. 81.

Vliv klimatických změn na zemědělskou produkci s důrazem na obilniny

(K. Vaculová, E. Bajerová)

Zemědělská produkce je závislá na vhodném klimatu, tedy dlouhodobém průběhu počasí v daném výrobním regionu nebo oblasti. **Problematika vlivu klimatu** a zejména jeho aktuálních změn na zemědělství je jedním z témat, která v poslední době nabývají na významu, neboť jejich řešení patří ke klíčovým momentům důležitým jak pro zabezpečení produkce potravin s požadovanou nutriční a hygienickou kvalitou, tak i k naplnění dalších nezastupitelných funkcí tohoto odvětví jako je výroba technických a energetických surovin, krajinaotvorba nebo zadržování vody v krajině (Fuchsa, 2011).

Klimatický systém Země se měnil v celém průběhu jejího vývoje, avšak v posledních zhruba 100-150 letech probíhají tyto **změny mnohem rychleji**, než tomu bylo v minulosti. Důvodem je skutečnost, že to nejsou pouze změny v důsledku přirozených faktorů, ale čím dál, tím víc se na nich podílí **antropogenní činnost lidstva**. Bez ohledu na to, že za jeden z hlavních mechanismů těchto změn je považován tzv. „skleníkový efekt“, způsobený produkcí plynů (zejména oxid uhličitý- CO_2 , methan- CH_4 , oxid dusný- N_2O , částečně a zcela fluorované uhlovodíky, fluorid sírový, tvrdé-CFC a měkké freony-HCFC, halony a řada dalších plynů, např. SF₅CF₃, NF₃, CF₃l), také mnohé další lidské aktivity přispívají ke změnám klimatického systému (**urbanizace, kácení lesů, změny povrchů půdy, nesprávné hospodaření s vodou a zásahy do hydrologického režimu, apod.**).

Výsledkem přizpůsobování klimatického systému těmto měnícím se podmínkám je zejména globální oteplování a další změny meteorologických prvků. Podle odhadu klimatologů by se

průměrná teplota na Zemi mohla do konce 21. století zvýšit v rozpětí od 1,1 do 6,4 °C (<http://portal.chmi.cz/>). Toto oteplování se negativně projevuje nejen v oblasti fungování celých ekosystémů, ale má i řadu nepříznivých projevů v různých oblastech životního prostředí i mnoha hospodářských odvětví. Extrémní projevy počasí - **sucha nebo naopak povodně**, změny srážkového režimu (změny srážkových úhrnů, zvýšení podílu silných a extrémních srážek), změny teplot (dlouhodobá období nadprůměrných teplot a vlny vysokých teplot, období intenzivnějšího a delšího sucha), změny atmosférické cirkulace, atd. mají většinou **nezanedbatelný negativní ekonomický efekt** a v souhrnu představují značné zvýšení nákladů na likvidaci jejich následků. Navíc se uvádí, že **změny klimatu jsou velmi úzce provázány s ostatními problémy současného světa** a to převážně negativním způsobem. Řešení problémů souvisejících se změnami globálního, regionálního i lokálního klimatu vyžaduje tedy nejen politický přístup, ale i urychlenou přípravu a implementaci adaptačních opatření, protože právě zemědělství je jednou z nejvíce zranitelných složek přírodních ekosystémů (Žalud, 2009).

Klimatické změny a rozmístění plodin

Dopady změn klimatu a nutnost reakce na tyto změny v zemědělství se netýkají jen oblastí, ve kterých se negativní změny již projevily v plné výši, ale stále aktuálnější jsou i **v oblastech mírného klimatu** (Paterson a Lima, 2010; Machold a Honermeier, 2016; Žalud, 2009). Výzkumy, mapující dopady klimatických změn dokumentují, že se tyto změny projevují zejména stále výraznější **nestabilitou vláhových a teplotních poměrů**. Postupně se tak mění charakteristika

jednotlivých produkčních oblastí a tím i jejich vhodnost k pěstování tradičních zemědělských plodin.

Vyrovnané agroklimatické podmínky v některých oblastech střední Evropy (Česká republika, Slovensko, Rakousko) vedly k vytvoření zón, které byly definovány jako **výrobní oblasti (VO)** příznivé pro základní zemědělské plodiny, podle nichž byly také pojmenovány. Dělení území do VO podle agroklimatické rajonizace bylo v posledních letech produktem, nejdříveji využívaným v zemědělské praxi (Trnka *et al.*, 2009), avšak změny globálních klimatických parametrů jsou již patrné i na této úrovni.

Výsledky algoritmu pro odhady **vlivu změných agroklimatických podmínek** na očekávaný posun výrobních a produkčních oblastí (Trnka *et al.*, 2009) ukazují možné problémy, které lze očekávat již v tomto století. Předpokládá se **posun teplomilných druhů** stále více k severu a naopak v jižních oblastech a některých dalších regionech se pěstování plodin bez závlahy může stát velice obtížným (Hlavinka, 2009). Přesto, že některé dílčí výzkumy prokázaly, že pro určité druhy (kukuřice, rýže, apod.) se mírné změny v teplotních režimech nebo koncentraci CO₂ mohou jevit jako příznivé, **souhrnné působení všech faktorů se kladně neprojevuje**. Obecně se uvádí, že převažující trendy budou pro zemědělskou produkci negativní. Lze očekávat, že se budou postupně stále výrazněji uplatňovat v celosvětovém měřítku, což se odrazí nejen na sortimentu pěstovaných plodin a chovaných hospodářských zvířat, ale následně ovlivní ekonomiku a chování obyvatel a to jak v dotyčných oblastech, tak i dalších částech světa. Na této úrovni se dají očekávat i výrazné sociální a politické dopady.

Klimatické změny zesilují abiotické stresy

Projev nestandardního průběhu počasí se

odrážejí na růstu a vývoji zemědělských plodin a **zesilují tak působení abiotických stresů**.



Za stres se považuje obecně nepříznivý stav, vyvolaný působením činitele zvaného **stresor**. Pro rostliny, které se před stresem nemohou ukrýt nebo utéct, mohou proto být stresorem jak změny související s nedostatkem, tak i nadbytkem některého z jinak potřebných a běžných faktorů jako je **voda, teplota, světlo, kyslík apod.**

V důsledku klimatických změn se prohlubuje četnost a frekvence především **abiotických fyzikálních** (sucho, vysoké nebo nízké teploty) a **chemických stresů** (oxidativní stres, nedostatek kyslíku v půdě, vysoké nebo naopak nízké pH půdy, nadbytek nebo nedostatek světla, nadbytek ozonu, atd.).

Stres vyvolává **stresovou reakci**, která se projevuje aktivací obranných mechanismů (Procházka *et al.*, 1998). Dočasná odpověď rostlin na stres, tzv. **aklimatizace**, vede k přestavbě buněk a ke změnám metabolismu prostřednictvím exprese specifických genů, jejichž výsledkem je syntéza specifických stresových bílkovin. Jedná se o různé skupiny enzymů a proteiny, které eliminují poškození (Řepková, 2013). **Pokud je ale vliv stresu silný**, dlouhodobý a v jeho důsledku je poškození buněk nevratné, dochází k úhynu rostlin.

Odolnost rostlin proti působení stresoru lze zvýšit **postupným přivykáním** (adaptací), avšak tyto postupy lze provádět pouze v určitých pěstebních podmínkách (kulturách, kde lze měnit intenzitu pěstebních faktorů, sklenících apod.), u některých druhů (např. rýže, vybrané druhy zelenin a ovoce aj.) a i zde existují limity dané biologickou podstatou jednotlivých plodin. Trvalou, geneticky založenou rezistenci fyzikálním a chemickým stresovým faktorům lze získat **šlechtěním odolných odrůd nebo metodami genetické modifikace**, kdy jsou do rostlinných genomů přenášeny geny podmiňující mechanismy odolnosti, izolované z jiných taxonů než rostlin (Řepková, 2013). Procesy molekulárního šlechtění a genetického inženýrství vyžadují integraci s konvenčním šlechtěním. Často však tyto postupy narážejí na překážky, jako je například přenos nežádoucích genů, spojených se znaky souvisejícími s odolností abiotickým stresovým faktorům (Varshney *et al.*, 2011).

Změny vyvolané nestandardními projevy počasí vedou k mnohým důsledkům, které působí **zpomalení nebo i zastavení růstu**, mění vitalitu rostlin a v konečném důsledku se projevují na snížení výnosové schopnosti plodin i kvalitě jejich produkce. Nedílnou a specifickou součástí změn je očekávané **navýšení požadavků na ochranu plodin** před plevele, chorobami a škůdci a vyšší riziko výskytu mykotoxinů v průběhu skladování zemědělských produktů.

Změny vláhového režimu

Nedostatek vody nebo časté extrémní srážkového režimu jsou nejvýraznějším ze signálů nastupujících změn klimatu a z globálního hlediska také jedním z nejdůležitějších problémů. **Vliv sucha** se stává aktuálním také ve střední Evropě a sucho v posledních letech, zejména v roce 2015, bylo příčinou mnohamiliónových hospodářských ztrát i v České republice (Zemědělství, 2015). Srážkový deficit se v tom roce projevil ve velmi **nepříznivé vláhové bilanci a vznikem půdního sucha** (Daňhelka *et al.*, 2016), které mělo silný negativní vliv na zemědělskou i vodohospodářskou činnost prakticky ve všech oblastech republiky i okolních států.

Přirozené obranné mechanismy, kterými se rostliny brání proti suchu, jako například krátký životní cyklus, zamezení odpařování vody z listů nebo obranné strategie, které se vyvinuly u tučnolistých nebo pouštních rostlin jsou výsledkem dlouhodobého vývoje a u běžných polních plodin se s nimi prakticky nesetkáváme. Změny v rozložení a zejména intenzitě srážek mají za následek poškození zemědělských plodin, erozi půdy, lokální nadbytečné zvlhčení nebo zaplavení půdy, což vytváří anaerobní podmínky a stres z nedostatku kyslíku v kořenové vrstvě. Srážky přivalového charakteru mají negativní vliv také na vymývání živin z povrchových vrstev půdy, znesnadňují řadu agrotechnických a pěstebních



operací nebo jejich posun do vegetačně méně příznivých fází.

Očekávanými důsledky změn srážkového režimu budou tedy nejen **změny struktury a rozmístění zemědělských plodin**, ale i míry vhodnosti současného sortimentu pěstovaných odrůd. Pokud bude průběh srážek sledovat trendy posledních let, lze očekávat lepší využití srážek na jaře na počátku léta u ozimů a časně setých jařin. Plodiny s vyšší náročností na vodu nebo pozdě seté s dlouhou vegetační dobou budou mít stále nepříznivější podmínky pro svůj růst a vývoj. Podle odborných studií (Středa *et al.*, 2013) budou nižší srážky společně s vyššími teplotami v létě ztěžovat podmínky pro rozklad posklizňových zbytků a zhoršovat kvalitu půdy, včetně její přípravy pro setí následných plodin. Specifickým problémem, který se zhoršuje v důsledku nedostatku nebo při nepravidelném zásobování srážkami, je také problém **zasolenosti půdy**. V důsledku nedostatečného rozdílu mezi vodním potenciálem v kořenech a v půdě nepřijímají rostliny dostatečné množství vody a trpí obdobným stresem jako v případě aktuálního sucha. Citlivost některých rostlin k zasolení může významně snížit jejich reálnou produktivitu.

Změny teploty

Jedním z očekávaných projevů klimatických změn jsou **změny teploty** a obdobně jako v případě srážek i nárůst výskytu extrémních projevů teplotního režimu. Živé organismy obecně reagují na vysoké teploty **syntézou proteinů tepelného šoku**, jejichž úlohou je chránit nukleové kyseliny a významné buněčné struktury před nevratnými změnami struktury a současně snížením nebo dokonce zastavením normální proteosyntézy. Pokud tepelný šok pomine, obnovuje se syntéza původních bílkovin (Řepková, 2013).

Reakce jednotlivých plodin je ale specifická a morforegulační mechanismy vlivem zvýšené teploty jsou rozdílné. Záleží rovněž na výši a délce působení tepelného šoku. Na molekulární a biochemické úrovni má zvýšená teplota nepříznivý vliv na aktivitu enzymatických systémů, dochází k denaturaci bílkovin a **rostliny se brání zvýšenou tvorbou fytoestrogenů** (zejména kyseliny abscisové) a **antioxidantů**. Z fyziologického hlediska se to projeví redukcí listové plochy, vyšší ztrátou vody průduchy v listech, nerovnováhou mezi fotosyntézou a dýcháním, snížením účinnosti fotosystému a změnami v organizaci buněčných struktur. Uvedené projevy **reakce C3 obilnin** (s méně efektivním mechanismem využití CO₂) na zvýšenou teplotu vyústí v nestandardní růst a vývoj rostlin (tab. 5), který se **v konečné fázi projevuje snížením úrovně výnosu a změnami kvality zrna** (Ingvordsen, 2014).

V důsledku klimatických změn se ale setkáváme s dalším jevem a tím je rostoucí **riziko poškození ozimých plodin** v důsledku zvýšeného **výskytu vegetačních mrazů i holomrazů**. Středa *et al.* (2013) uvádějí, že během posledních dvaceti let se prodloužilo vegetační období o 15-25 dní. Nepříznivé počasí a související problémy při zakládání porostů, vyšší průměrné teploty a mírné zimy, výrazné střídání teplot v zimním období, nedostatečná nebo nestabilní sněhová pokrývka společně s nedostatečnou zimovzdorností některých odrůd ozimé pšenice nebo ječmene jsou hlavní příčinou jejich **vyzimování**.

Tab. 5.: Předpověď vlivu jednotlivých stresových faktorů na C3 obilniny (upraveno podle Ingvordsen, 2014)


Zvýšená teplota	Zvýšená koncentrace CO ₂	Zvýšená koncentrace ozónu
snížený výnos zrna	vyšší výnos zrna	snížený výnos zrna
nižší počet zrn na klas	vyšší počet zrn na klas	nižší počet zrn na klas
rychlý růst, zkrácený vegetační cyklus	zvýšená produkce nadzemní hmoty rostlin	nižší produkce nadzemní hmoty rostlin
zvýšená koncentrace bílkovin v zrna	snížený obsah bílkovin v zrna	zvýšená koncentrace bílkovin v zrna
omezený růst rostlin		akcelerace stárnutí (senescence) listové plochy
změny v době metání		
zvýšený úhyn rostlin		

Kombinované působení klimatických změn

Souběžně se zvyšováním teploty a úbytkem vody působí na vývoj a růst rostlin **skleníkové plyny**, jejichž koncentrace v ovzduší narůstá (zejména oxid uhličitý-CO₂, ozón-O₃, methan-CH₄ a oxid dusný-N₂O). Stresové faktory tak málokdy působí jednotlivě a jejich účinky se překrývají. Na genetické úrovni dochází u rostlin k expresi různých skupin genů, které mají ochrannou funkci a často působí rezistenci proti více stresovým faktorům. Jedná se například o **geny LEA** (late embryogenesis abundant), které jsou syntetizovány v pozdních fázích embryogeneze, kdy chrání buněčné struktury proti suchu, ale mohou být syntetizovány také při dehydrataci, nadbytku solí v půdě nebo jiném osmotickém stresu a při chladovém stresu. Obdobně se projevuje **působení fytohormonu kyseliny abscisové (ABA) nebo antioxidantů** (především enzymů jako superoxidodismutasa, peroxidasa, katalasa a enzymů askorbát-g-lutathionového cyklu). Jejich vysoká aktivita byla zjištěna po působení horka, chladu, mrazu, solí, sucha a poranění stejně jako u oxidativních stre-

sů (Řepková, 2013). Předchozí studie (Rizhsky *et al.*, 2004; Mittler, 2006) ukázaly, že reakce rostlin na kombinované působení více abiotických stresů jsou na molekulární a metabolické úrovni jedinečné a nelze je přímo extrapolovat z reakce rostlin na každý z různých stresů samostatně.

Působení kombinovaného vlivu faktorů, jejichž zvyšování se v důsledku probíhajících klimatických změn očekává, bude mít rozdílné dopady u jednotlivých plodin. Pokud se zvažují **dílčí stresové faktory**, tak například změny koncentrace CO₂, jehož současná koncentrace je pro C3 rostliny (ke kterým patří většina pěstovaných obilovin) podsaturační, by mohly mít stimulační vliv na růst biomasy a tedy i výnos zrna. Přímý nebo také fertilizační vliv CO₂ je ovšem závislý na dostupnosti dalších nezbytných faktorů, jako je vhodná teplota, světlo, dostatek minerální výživy a vody a navíc některé výzkumy ukazují, že zvýšená rychlost fotosyntézy po aklimatizaci rostlin na vyšší příjem CO₂ ustává a vrací se k původním hodnotám. **Vyšší koncentrace CO₂**



je spojena se zvýšením obsahu uhlíku v rostlinných pletivech a vede ke snížení obsahu minerálních živin, zejména dusíku, a tedy i celkového obsahu bílkovin (Semerádová *et al.*, 2009).

Naopak zvýšená koncentrace ozónu (tab. 5)

se projevuje obdobným spektrem nežádoucích účinků jako vysoká teplota a v kombinaci s dalšími faktory, například vyšším CO₂, se negativní účinky ještě zesilují (Pleijel *et al.*, 2000). Očekává se pokles výnosu, zejména v důsledku nižšího počtu zrn na klas, snížení produkce nadzemní hmoty a akcelerace stárnutí (senescence) listové plochy, ale naopak zvýšení obsahu bílkovin v zrnu (Ingvordsen, 2014). Ozón působí toxicky na permeabilitu membrán a umožňuje vznik **reaktivních kyslíkových radikálů** (superoxidový radikál, hydroxylový radikál, peroxid vodíku apod.), které vyvolávají **oxidativní stres** (Ainsworth *et al.*, 2012). Bylo zjištěno, že kromě peroxidace lipidů nebo poškození proteinů ozón také snižuje rezistenci rostlin k chorobám i k dalším stresovým faktorům (Řepková, 2013). Simulace dopadů změn vlivu klimatu na výnos polních plodin v ČR (Semerádová *et al.*, 2009) byla provedena pomocí růstových modelů se zohledněním nadmořské výšky, kvality půdy, současných a očekávaných klimatických podmínek jednotlivých lokalit. **U ozimé pšenice** autoři odhadují mírné zvýšení výnosů v oblastech, které mají dobré půdní podmínky a jsou současně relativně dobře zásobené vodou. Tedy ve vybraných oblastech obilnářského výrobního typu **na Moravě** a dále **v oblastech se suboptimálními teplotními podmínkami**, dostatečnými srážkami a stále kvalitní půdou (např. na Českomoravské vysočině, severní Moravě, v severních Čechách). Podle nadmořské výšky by ze změn mohly profitovat střední polohy, kde by došlo ke zvýšení teploty, ale zůstaly dostatečné srážky. **U jarního ječmene** by se na určitém výnosovém nárůstu mohl hlavní měrou podílet

přímý efekt rostoucí koncentrace CO₂, avšak dopady změn meteorologických prvků (teplota, voda) se projeví negativně, zejména v případě klimaticky extrémních ročníků.

Klimatické změny a výskyt škodlivých činitelů

Jak již bylo uvedeno výše, klimatické změny jsou spojeny se **zvýšující se potřebou ochrany polních plodin před chorobami a škůdci**. U škůdců lze v důsledku změn teploty očekávat posun druhů, rychlejší vývoj a větší počet generací, změny v důsledku odlišného přezimování a změny související se změnami struktury a rozmístěním plodin i vztahů – hostitel vs. škůdce (Kocmánková *et al.*, 2009). Rovněž se předpokládá možný nárůst nepůvodních druhů škůdců, větší rozsah migrace i přechod skleníkových škůdců do vnějšího prostředí.

Dopady na šíření chorob budou souviset s rozvojem hlavních faktorů, tedy **patogenů, hostitelských rostlin i podmínek prostředí**. Očekávané zvýšení průměrné teploty v letním období a nerovnoměrné rozdělení srážek by mohlo ovlivnit šíření chorob pozitivně, to znamená spíše ve smyslu poklesu škodlivosti. Tento předpoklad ale není jednoznačný, protože v souvislosti s nárůstem koncentrace skleníkových plynů dojde ke změnám vztahů mezi rostlinami a patogeny a rovněž další nestandardní meteorologické jevy jako vysoké teploty nebo nevyrovnané srážky budou působit jako stresory, které oslabují růst a vývoj rostlin a tedy jejich schopnost odolávat napadení chorobami. Kromě houbových patogenů se dá očekávat nárůst rozšíření a škodlivosti virů a bakterií, také v důsledku zvýšené aktivity přenašečů některých chorob.

Za jeden z nejvýznamnějších nepříznivých důsledků vývoje klimatu v posledních letech je považován zvýšený výskyt a velká meziročníková variabilita obsahu mykotoxinů v potravinách

a krmivech. Účastníci konference s názvem „*Climate change and mycotoxins in feed and food: a challenge for feed and food supply and safety*”, která se konala v roce 2015 v Miláně, konstatovali, že zvýšení teploty v oblastech mírného a chladnějšího pásma Evropy vede v důsledku šíření termotolerantních druhů (jako například *Aspergillus flavus*) k **nárůstu výskytu aflatoxinů**. Teplotní posun v chladných oblastech by mohl předznamenat problémy se zvýšeným výskytem ochratoxinu A, patulinu a fusariových toxinů, hlavně deoxynivalenolu. Odhady míry zvyšování nebezpečí výskytu a koncentrace mykotoxinů v zemědělských produktech se odvíjejí od rozpracovaných modelů šíření a škodlivosti patogenů v souvislosti se změnami klimatu (Paterson a Lima, 2010).

Vzhledem ke **vzájemné interakci patogenů a rostlin**, je nezbytné brát v potaz i všechny možné scénáře související s vlivem změn meteorologických prvků, koncentrace plynů a dalších dopadů klimatických změn na fyziologické, morfologické i biochemické charakteristiky rostlin jako hostitelů. Akcelerace evoluce patogenů v důsledku klimatických změn může vést v blízké budoucnosti k rychlejšímu překonání geneticky podmíněné rezistence jednotlivých odrůd, než je tomu v současné době. Optimální teploty pro růst a produkci mykotoxinů jsou u různých druhů mykotoxigeních hub patogenů rozdílné (Sanchis a Magan, 2004), a proto se dá očekávat i **změna spektra a koncentrace jednotlivých toxinů**, produkovaných stejnými druhy patogenů. Naopak v oblastech se současným silnějším výskytem mykotoxinů (Austrálie, Afrika, Blízký Východ) může zvýšení teploty nad 40 °C vést k redukci výskytu patogenů. Nicméně i v případě výskytu a škodlivosti mykotoxinů lze očekávat velkou variabilitu, ovlivněnou regionálními nebo lokálními diferencemi.

Změny v koncentraci CO₂ mohou působit stimulačně nejen na růst zemědělských plodin, ale také **plevelných rostlin**, a to nejen **C3** typu, ale také plevelů **C4** typu. Tyto plevele, pro jejichž fotosyntézu jsou optimální teploty o cca 10-15 °C vyšší než v případě C3 rostlin (tedy v rozmezí 25-40 °C), se postupně rozšiřují do nepůvodních oblastí, kde se stávají invazními, těžko zlikvidovatelnými druhy. Vyšší výskyt plevelných druhů rostlin lze očekávat také v souvislosti s prodloužením vegetačního období, změnami v podmínkách dormance a přezimování semen těchto rostlin i v souvislosti se změnami vztahů mezi kulturními rostlinami a pleveli.

Dílicí výsledky studia vlivu stresových faktorů na produktivitu a kvalitu obilovin

Řada vědeckých prací zaměřených na studium kombinovaného vlivu vysokých teplot, sucha, zvýšené koncentrace CO₂, ozónu nebo dalších meteorologických prvků dokladuje konečný negativní dopad na výnos zrna obilnin nebo obecně **výnosovou produkci zemědělských plodin** (Clausen *et al.*, 2011; Alemayehu *et al.*, 2013; Long *et al.*, 2005 aj.). V současné době se na dosažené reálné výši produktivity nejčastěji podepisují extrémní, **tedy nestandardní projevy počasí**. Sladit vývoj rostlin s frekvencí jejich výskytu je obtížné a proto jsou tyto meteorologické jevy považovány za rozhodující faktor variability výnosů a kvality sklizeného zrna obilnin. Volba vhodných pěstebních technologií, odolnějších odrůd, agrotechnických a dalších opatření s delší časovou působností (např. instalace závlah, apod.), směřovaných ke snížení rizik v oblasti zemědělské výroby, je žádoucí (Žalud, 2009; Macholdt a Honermeier, 2016), nicméně se jedná o **široké téma, vyžadující komplexní přístup**. V průběhu posledních let je ale aplikace adekvátních přístupů stále složitější, především proto, že se četnost výskytu extrémních projevů počasí zvyšuje, nelze je pokaždé s požadova-

nou jistotou předpovědět a tyto změny nejsou stabilní nejen ve stejných oblastech, ale ani v jednotlivých letech.

Pšenice

Pšenice je považována za jednu z nejvýznamnějších obilnin určených pro výživu lidí i krmení hospodářských zvířat a svou produkcí zrna, která v roce 2013 dosáhla přes 713 milionů tun, se řadí **na třetí místo ve světě**. V ČR je pšenice **nejrozšířenější potravinářskou obilninou**. V marketingovém roce 2014/2015 činila výměra osevních ploch 835,9 tis. ha, tedy téměř 60 % z celkové plochy obilnin (Zemědělství, 2015). Variabilita pěstebních podmínek, ovlivněná existujícími a očekávanými změnami klimatu, může proto ovlivnit její produkci nejen ve světovém, ale i tuzemském měřítku a promítnout se tak do celkových výsledků sklizně s vlivem na celkovou bilanci obilovin. Kromě nárůstu průměrné teploty mohou produkci obilnin a konkrétně pšenice nejvíce ovlivnit **teplotní extrémy**, jak ve smyslu vysokých (vlny veder) nebo naopak nízkých teplot (pozdní mrazíky pod 0 °C).

Údaje **za posledních 50 let** ukázaly (Zheng *et al.*, 2012), že v důsledku změny klimatu se extrémní výkyvy teplot na území Austrálie objevují stále častěji. Tím dochází ke zkrácování „bezpečného“ termínu pro setí a nástup významných vývojových fází pšenice (zejména metání a nalévání zrna), **a to může být problémem především pro rané odrůdy** (Barlow *et al.*, 2015). Zvýšení průměrné roční teploty vede ke zkrácení vegetační doby a urychlený vývojový cyklus je spojený s redukcí doby pro **akumulaci asimilátů** a tedy potenciálními vý-

nosovými ztrátami. **Vysoká teplota v období po metání** obecně působí ve směru **snížení počtu zrn** (Barlow *et al.*, 2015), **redukce míry nalévání zrna** (Lobell *et al.*, 2011), **snížení velikosti zrna** a tím i **výtěžnosti mouky** v procesu mletí. Stres vyvolaný vysokými teplotami a nedostatkem vody se projevuje ve variabilitě velikosti obilek a **snížení podílu předního zrna**. Krátkodobé teplotní šoky nad 34 °C nebo poškození kvítků mrazem redukuje počet zrn v klasu a z jednotky plochy, což někteří autoři považují za hlavní příčinu největších výnosových ztrát v postižených oblastech (Sanchez *et al.*, 2014).

Působení dalších stresových faktorů bude záviset na jejich současném výskytu a vzájemných vztazích. Nuttall *et al.* (2015) na základě poznatků více autorů shrnují, že v prostředí **zvýšené koncentrace CO₂** se může výnos zrna pšenice zvýšit až o 36 %, avšak vliv na kvalitu je proměnlivý a většinou negativní. V prostředí obohaceném CO₂ byl při studiu jarní pšenice zaznamenán průkazný nárůst nadzemní biomasy (+11,8 %) a výnosu zrna (+10,4 %), ale současně došlo ke snížení podílu předního zrna a **změnám v obsahu a kvalitě nutričně významných živin** (Högy *et al.*, 2009b). Většina prací věnovaných vlivu zvýšené koncentrace CO₂ na hmotnost 1000 zrn (HTZ) uvádí, že změny nebyly významné (Kimball *et al.*, 2001; Manderscheid *et al.*, 2004; Högy *et al.*, 2009a



aj.), avšak existují i studie, ve kterých byla dosažena signifikantně vyšší průměrná HTZ (Li *et al.*, 2001). V kombinaci s vyšší koncentrací ozónu byl jednoznačně pozorován **výrazný pokles jak výnosu** (o 6-10 %), **tak i HTZ** (o 3-6 %; Broberg *et al.*, 2015; Pleijel *et al.*, 2000).

V souvislosti se změnami klimatu je studován i **vliv jednotlivých jevů na kvalitu zrna pšenice**, tedy parametry nutriční a technologické jakosti (Wang a Frei, 2011). Přesto, že mnohé závislosti nebo jejich podstata nejsou ještě detailně fyziologicky nebo geneticky popsány a plně objasněny, dostupné výsledky ukazují, že kromě genotypu, půdních podmínek a použité agrotechniky mají na kvalitu zrna pšenice významný vliv **povětrnostní podmínky** během vegetace, jejich nástup, průběh, doba působení, intenzita, frekvence, apod. (Muchová, 2001; Palík *et al.*, 2009; Prugar *et al.*, 2008 aj.).

Na obsah bílkovin měla kladný vliv teplota a **koncentrace ozónu (tab. 5)**, zatímco vyšší koncentrace CO₂ v důsledku zvýšené produkce škrobu celkový obsah bílkovin v zrna snižovala (Savin a Nicolas, 1996; Högy a Fangmeier, 2008; Pleijel a Uddling, 2012; Panozzo *et al.*, 2014). Vlivem vysokých teplot v období nalévání zrna dochází ke zvyšování obsahu bílkovin (Panozzo a Eagles, 2000), avšak **trvale vysoké teploty** (nad 30 °C) a **teplotní šoky** (vyšší než 30 °C) **mění složení bílkovin i škrobu v zrna** (Farooq *et al.*, 2011), což nepříznivě ovlivňuje užité pekařské vlastnosti jako pevnost těsta, tažnost a objem pečiva.

Högy *et al.* (2009b) studovali vliv zvýšené koncentrace CO₂ **na výnos a kvalitu jarní pšenice** a zjistili celkový pokles obsahu bílkovin až o 7,4 %, změny ve složení bílkovinných frakcí, obsahu a podílu aminokyselin v bílkovinách. Pokles obsahu lepku (Högy *et al.*, 2009a) byl zejména důsledkem **snížení podílu gliadinu** (Wieser *et al.*, 2008) a **změny poměru gluteninu vůči gliadinu**, čímž docházelo k ovlivnění vlastností, jako je viskozita a tažnost těsta. To se projevilo zvýšením optimální doby mísení těsta až o 6 % a odrazilo i na kvalitě chleba (Kimball *et al.*, 2001). Högy *et al.* (2009b) pozorovali ve variantě pokusu se



zvýšenou koncentrací CO₂ průkazný nárůst odporu lepku (+11,7 %), zatímco ostatní reologické vlastnosti, jako je pevnost těsta (-14,5 %), tažnost těsta (+7,8 %) a tažnost lepku (-7,4 %) nebyly významně změněny. Naopak Panozzo *et al.* (2014) zjistili průkazný pokles tažnosti, zatímco pevnost těsta ovlivněna nebyla. Z dosažených výsledků odvozují Nuttall *et al.* (2015), že vliv vyšší koncentrace CO₂ na funkční vlastnosti a technologické procesy je zřejmě méně výrazný než vliv na změny celkového obsahu bílkovin.

Při studiu **tvrdé pšenice** zjistili Fares *et al.* (2016), že zvýšená koncentrace CO₂ měla neprůkazný vliv na pokles obsahu bílkovin (-7 %), průkazně se snížil obsah lepku (-13,3 %) a naopak vzrostly hodnoty gluten indexu (+14 %). **Celková kvalita těstovin** (pevnost a hmotnost) **byla ve stresovaném prostředí horší**. Zvýšená koncentrace ozónu (jako jednotlivý faktor) pozitivně ovlivnila hodnoty Zeleného testu i pádového čísla (Broberg *et al.*, 2015), přičemž výsledky u ozimé a jarní pšenice byly podobné.

Změny obsahu aminokyselin (AK) v důsledku zvýšení CO₂ byly převážně ve směru **snížení jejich absolutního obsahu a týkaly se zejména neesenciálních AK**, glutaminu a prolinu, jejichž obsah poklesl o 10,7 % a 9,7 % (Högy *et al.*, 2009b). Na základě zjištěných výsledků uvedené autoři dedukují, že **snížení obsahu AK jako je asparagin, glutamin a kyselina asparagová** by se mohlo příznivě projevit ve **snížení obsahu akrylamidu**, který vzniká během pečení chleba. Na rozdíl od obsahu bílkovin v prostředí s vysokou koncentrací CO₂ byl v zrně zaznamenán **nárůst obsahu fruktosy, fruktanu a celkových i nestrukturálních sacharidů, kromě škrobu** (Högy *et al.*, 2009b). Rozdíly mezi odrůdami ukazují na možnost šlechtění odrůd s nižší citlivostí ke zvýšené koncentraci CO₂.

Změny v koncentraci CO₂ se projeví i ve **vztahu k obsahu minerálních látek**. Obsah draslíku (K), molybdenu (Mo) a olova (Pb) se zvýšil, zatímco manganu (Mn), železa (Fe), kadmia (Cd) a křemíku (Si) klesl (Högy *et al.*, 2009b). Také Dietterich *et al.* (2015) uvádějí, že globální klimatické změny mohou mít významný vliv na **dostupnost důležitých mikroprvků**, jako je **Fe a Zn** a to zejména u **C3 rostlin**, jejichž metabolismus je odlišný od C4 rostlin. Následné porovnání polních pokusů a pokusů provedených v růstových komorách ukázalo, že v obou typech prostředí došlo ke **zvýšení výnosu Mn, Zn a zčásti i bílkovin** (Pleijel a Högy, 2015). Jiné výsledky získali Velu *et al.* (2016), kteří studovali **vliv abiotického stresu zvýšené teploty a sucha na moderní a historické odrůdy pšenice**. Zjistili vliv prostředí na koncentraci Zn a Fe a také na obsah bílkovin. Stres působil ve smyslu zvýšení obsahu bílkovin a Zn, ale výnos Zn a Fe byl vyšší v nestresovaném prostředí. Výsledky byly rozdílné pro moderní a historické odrůdy a ovlivněné environmentální proměnlivostí.

Vliv ozónu (Broberg *et al.*, 2015) byl významným **negativním faktorem pro obsah škrobu i objemovou hmotnost**. Obsah nutričně důležitých minerálních látek (K, Mg, Ca, P, Zn, Mn, Cu) se v tomto prostředí významně zvýšil, avšak v důsledku snížení výnosu byla celková produkce sledovaných prvků nižší.

Ječmen

Ječmen je **naší druhou nejrozšířenější obilninou**, která v marketingovém roce 2014/2015 zaujímala osevní plochu 366 tis. ha. Ve světovém měřítku se řadí na čtvrté místo mezi obilninami, s roční produkcí kolem 150 miliónů tun zrna. Z hlediska přizpůsobivosti patří ječmen k plastickým druhům, a proto se pěstuje ve značně širším rozsahu půdních a klimatických podmínkách než pšenice. Díky agroekologické

snášenlivosti, různorodosti možností uplatnění jeho zrna, široké škále uživatelů i jednoduchému genomu a nízkému počtu chromozomů považují někteří autoři **ječmen za vhodný objekt pro modelování různých klimatických scénářů a studium jejich dopadů na obilniny** (Newton *et al.*, 2011).


Modely predikující vliv klimatických změn na výnos a jeho variabilitu u ječmene jsou rozdílné v závislosti na tom, **o jakou pěstební oblast se jedná**. Průzkum výnosových trendů v mnohých pěstebních oblastech ukázal, že u ječmene se již nyní projevuje určitá výnosová stagnace. Někteří autoři toto uvádějí jako následek menší pozornosti, která se ječmeni jako druhu věnuje v oblasti genetiky a šlechtění a také v souvislosti s tím, že se často pěstuje v oblastech s nízkými primárními vstupy a za významně nižších pěstebních nákladů než pšenice (Dawson *et al.*, 2015; Ingvorsen, 2014). Jiní upozorňují na to, že například v jižní Evropě dochází **ke stagnaci nejen u ječmene, ale i u pšenice, zřejmě v důsledku již probíhajících klimatických změn** (Brisson *et al.*, 2010). Přesto, že variabilita výnosů zrna ječmene v důsledku extrémních projevů počasí byla v porovnání s dalšími základními obilninami výrazně nižší (Cossani *et al.*, 2011; Newton *et al.*, 2011), objevují se názory (Dawson *et al.*, 2015), že tento druh již dosáhl hranice svého výnosového potenciálu, který je obtížné překonat.

Nepříznivý vliv vysokých teplot a změn srážkového režimu se ale u ječmene projevuje i v oblastech jeho tradičního pěstování. Středa *et al.* (2013) studovali vliv **vláhových podmínek na produkci ječmene jarního**, pěstovaného na 21 stanicích Ústředního zkušebního ústavu zemědělského v období let 1975-2010. Pro hodnocení použili ukazatel „procento využitelné vodní kapacity“ (% VVK), který charakterizuje

množství vody v půdě, chybějící do hydrolimitu polní vodní kapacity, tedy ukazuje aktuální vodní deficit. Mezi průměrnými hodnotami VVK a průměrným výnosem v daném vegetačním období byl zjištěn statisticky vysoce průkazný vztah ($R = 0,624^{**}$), který svědčí o vysoké závislosti výnosu zrna ječmene na vláhových podmínkách sezóny. Pokud se tedy naplní predikce scénářů změny klimatu a dojde k poklesu hodnot VVK, odvozují autoři, že i v ČR lze u ječmene očekávat výnosovou depresi.

Mírnější dopad očekávaných klimatických změn ukázaly modely, simulující změny teploty a průběhu srážek **v oblastech s tradiční produkcí ječmene a současným chladnějším počasím** (například v provincii Manitoba, v Kanadě, ve vybraných oblastech středního a západního Irsku nebo ve státech severní Evropy). Zde se očekávané zvýšení teploty a variabilita srážek buď na výnosu ječmene vůbec neodrazí, nebo je předpovídán pouze nevýznamný pokles (An a Carew, 2015; Holden *et al.*, 2003; Holden a Brereton, 2006; Ingvorsen, 2014 aj.). Míra dopadu se bude lišit i v závislosti na regionálních nebo lokálních odlišnostech mezi pěstebními oblastmi a významněji se **uplatní také složení a kvalita půdy** (Ash *et al.*, 2007; Motha, 2007; Wechsung *et al.*, 2016).

Reinhardt *et al.* (2013) sledovali **vliv teplotního stresu na odrůdy ječmene s odlišným složením škrobu**. Různé teploty (10, 20 a 30 °C) v průběhu kvetení ovlivnily rozdílnou měrou výnos zrna. Byla zjištěna odlišná reakce jednotlivých genotypů, přičemž materiály s waxy typem škrobu (tedy změněným poměrem dvou základních polysacharidů škrobu, amylozy a amylopektinu ve prospěch amylopektinu) se ukázaly k teplotním změnám citlivější, než běžné odrůdy. Nicméně vysoké teploty (30 °C) v období kvetení redukovaly počet zrn a výnos zrna z rostliny u všech genotypů.



Obdobně jako u pšenice, také u ječmene se dopady jednotlivých stresových faktorů projevují jiným spektrem účinků než jejich kombinované působení. Samotné zvýšení CO₂ mělo **pozitivní vliv na zvýšení celkové hmotnosti biomasy**, podporovalo růst kořenů a celkové listové plochy, kladně ovlivnilo čistou produkci fotosyntézy a napomohlo zlepšení efektivnosti využití vody. V důsledku vyšší koncentrace CO₂ dochází k uzavírání průduchů, což má za následek snížení ztráty vody výparem, a proto je pro ječmen v případě sucha kombinace s vyšším CO₂ příznivá (Fundazioa, 2012).

Z hlediska obsahu bílkovin v zrně se naopak přítomnost vyšší koncentrace CO₂ projevovala jejich poklesem (Erbs *et al.*, 2010), zatímco **vyšší teplota působila ve směru zvýšení obsahu některých aminokyselin** (zejména aspartátu, glycinu, alaninu, argininu, valinu a tryptofanu), ale měla **negativní vliv na obsah škrobu a výnos zrna** (Högy *et al.*, 2013). Studium genové exprese u ječmene ovlivněného stresem z vysoké teploty ukázalo, že téměř všechny klíčové geny zapojené do metabolismu škrobu byly v důsledku působení tohoto stresoru down-regulovány (Thitisaksakul *et al.*, 2012).

Variabilita a zejména zvýšení obsahu bílkovin, způsobené kombinovaným vlivem stresových faktorů, může být v budoucnu reálným problémem u **sladovnických odrůd ječmene**. Řešením je vývoj odrůd, které se budou vyznačovat vyšší eko-stabilitou a budou mít dědičně podmíněný nízký obsah bílkovin v zrně. K tomuto účelu využil Emebiri (2015) čtyři SSR markéry, které se mu podařilo identifikovat v cílové oblasti chromozómu 5HS u dvouřadého ječmene. Linie odvozené z křížení dvouřadého a šestiřadého ječmene, vyznačující se přítomností nebo absencí uvedených alel, **se vzájemně lišily způsobem akumulace dusíku**,

i rozdílným konečným obsahem bílkovin v zrně (až o 4 %).

Vyšší průměrná teplota kladně ovlivňuje také obsah beta-glukanů, složky zrna nežádoucí při výrobě piva, ale významné z pohledu potravinářského uplatnění ječmene ve zdravé výživě lidí. Anker-Nilssen *et al.* (2008) referují o souběžném vlivu vyšších teplot **na změny molekulární hmotnosti rozpustné frakce těchto polysacharidů**, které se demonstrují zvýšením viskozity a vedou k potenciálním problémům při využití takového ječmene ve sladovnictví nebo ke krmení hospodářských zvířat, citlivých na přítomnost vlákniny. Teplotní stres měl rozdílný vliv na kvalitu zrna i u genotypů ječmene se standardním a waxy typem škrobu (viz. výše Reinhardt *et al.*, 2013). **Vysoká teplota** v období od kvetení do počátku mléčné zralosti významně ovlivnila **jak obsah bílkovin, tak i škrobu a rovněž složení škrobu u všech genotypů**. Naopak nízké teploty (10 °C) vedly ke zvýšení obsahu škrobu a snížení obsahu bílkovin.

Studiu kombinovaného vlivu nejrozšířenějších stresových faktorů, jejichž nárůst je v souvislosti s klimatickými změnami očekáván, je věnována **řada modelových studií, ale málo reálných prací**. Důvodem je nejen náročnost provedení, ale i značná nákladnost takového výzkumu. V jedné z mála podrobnějších studií (Ingvordsen, 2014), byl studován soubor **138 odrůd ječmene jarního** v podmínkách zvýšené teploty, koncentrace CO₂ a ozónu (O₃), a to jak ve vegetačních komorách fytostronu, tak i v polních pokusech. Soubor zahrnoval jak nové, tak i staré odrůdy, genetické zdroje i šlechtitelské linie. Získané výsledky ukázaly, že vlivem působení dvou faktorů docházelo u všech materiálů ječmene k poklesu výnosu v průměru o 29 % (Ingvordsen *et al.*, 2015a). Zvýšená teplota a koncentrace CO₂ snížily obsah bílkovin u 108 odrůd ječme-

ne průměrně o 23 % (Ingvordsen *et al.*, 2016) a extrémní teploty (vlny veder – hot waves) v období 10 dnů po kvetení způsobily u 22 položek ječmene pokles výnosu v průměru o 52 % (Ingvordsen *et al.*, 2015c). Autoři zjistili, že pokud předchází vlně veder období s vyšší průměrnou teplotou, je pokles výnosu zrna nižší, než v případě předchozího účinku zvýšeného CO₂. Přitom nástup extrémních teplot po kvetení měl stejný negativní účinek v současných klimatických podmínkách jako v modelovém pokusu při zvýšení teploty (o 5 °C) a koncentrace CO₂ (na 700 ppm). Na základě provedených pokusů byly **detekovány odrůdy a genetické zdroje ječmene**, u kterých byla prokázána **nejnižší citlivost ke stresovým faktorům a dobrá ekologická stabilita**. Dosažené výsledky ale také potvrdily, že **jednotlivé stresové faktory nepůsobí aditivně** a že pro získání šlechtitelsky využitelných výstupů je nezbytné vybírat výchozí genetické zdroje z materiálů pěstovaných v kontrolovatelných podmínkách s multifaktoriální kombinovanou stresovou zátěží. Genomové asociační studie (GWAS), provedené v souboru studovaných genotypů ječmene, umožnily detekovat oblasti na chromozómech 4H a 7H, které byly spojeny s výnosem zrna v podmínkách zvýšené koncentrace CO₂. Rovněž byly stanoveny markéry spojené s vyšší stabilitou ve stresových prostředích, rozmístěné na chromozómech 1H, 4H, 5H, 6H a 7H, které mohou být využity v budoucím šlechtění odrůd odolnějších vůči změnám klimatu (Ingvordsen *et al.*, 2015b).

V souvislosti s hodnocením **vlivu klimatických změn na rozšíření listové choroby** zjistili Mikelsen *et al.* (2015), že působení jednotlivých faktorů nebo jejich kombinovaný vliv mění míru výskytu i škodlivost padlí travního a hnědé skvrnitosti. Zatímco v prostředí se zvýšenou teplotou a ozónem byl růst a napadení padlím potlačeno a v případě hnědé skvrnitosti byl


zaznamenán nárůst škodlivosti i toxicity, v podmínkách zvýšené koncentrace CO₂ došlo ke snížení infekce padlí a hnědá skvrnitost nebyla ovlivněna vůbec. Kombinované působení všech faktorů se ale neprojevovalo aditivně, a naopak infekce padlí vzrostla a u hnědé skvrnitosti bylo zjištěno snížení.

Souhrn a možné perspektivy řešení

Změny klimatu nastupují rychle a vyžadují nejen evidenci daného stavu nebo meteorologických a dalších jevů, ale **přijetí aktuálních opatření**, jak jim předcházet. Zemědělství patří k oblastem, ve kterých se očekávají přímé dopady těchto změn. V současnosti se projevují nejen **zvýšováním teplot, úbytkem vody, změnami složení ovzduší, ale hlavně velkou variabilitou výskytu extrémních projevů počasí**, které již nyní mají nepříznivý a do budoucna mohou mít výrazný negativní vliv na produkci a bezpečnost potravin. Zemědělství má nezastupitelnou roli v produkci primárních zdrojů – surovin pro výrobu potravin a krmiv a tedy výživu lidí. Důsledky změn klimatu proto nebudou záviset jen na jejich výši, ale i na míře, jakou se dokáže zemědělství těmto změnám přizpůsobit.

Probíhajícími změnami je v první řadě ovlivněna oblast rostlinné výroby a zde je proto zapotřebí navrhnout a **uplatnit řadu adaptačních opatření**. Pro navržení správných opatření je rozhodující pochopení mechanismů adaptace, aklimatizace, fyziologických procesů i změn na úrovni genotypu, které fungují při působení stresů. Předpokládá se, že více jako v minulosti bude nutné akceptovat regionální i lokální rozdíly a jim přizpůsobit vývoj adaptačních strategií.

Smyslem agronomických opatření by kromě výroby mělo být také **zachování potravinářské a krmné kvality, užitných vlastností i tržní hodnoty produkovaných plodin** a rovněž snaha o za-



chování udržitelnosti rostlinné výroby jako celku. To vše musí probíhat v úzké součinnosti se šlechtitelskými opatřeními. Uvádí se, že **šlechtění rostlin bude hrát při řešení klimatických problémů ještě významnější roli než doposud** (Porter a Semenov, 2005). Vývoj odrůd tolerantních ke specifickým klimatickým jevům vyžaduje komplexní pochopení interakce genotypu s prostředím, protože jednotlivé odrůdy mohou na stresující pěstební podmínky reagovat různým způsobem (Newton *et al.*, 2008). **Od šlechtitelů se očekává vývoj ekologicky stabilních odrůd**, které budou adaptované vhodným agronomickým zásahům, aby se minimalizovaly ztráty zapříčiněné změnami klimatu (Leegood *et al.*, 2010). Problémem je skutečnost, že v průběhu šlechtění, jednostranně orientovaného hlavně na vysoké výnosy, došlo k výraznému zúžení genetické variability a ke ztrátám původních alel, které rostlinám pomáhaly v boji proti působícím stresovým faktorům. Reálným zdrojem širší genetické variability jsou nyní **nejen existující kolekce genetických zdrojů rostlin, ale i nové postupy** (včetně metod genetické modifikace), umožňující vývoj adaptovaných nebo nových druhů rostlin s požadovanými vlastnostmi.

Mnohé návrhy se vracejí k oblastem výzkumu nebo šlechtění, jejichž řešení bylo zahájeno v polovině minulého století a z různých příčin nebylo finalizováno. Jako například k problematice **využití směsí odrůd**, kde se očekává, že uměle vytvořená variabilita jedinců v porostu může napomoci ke zvýšení ekologické stability a toleranci vůči některým nastupujícím stresům. Nebo k problematice studia a dalšího **zlepšování kořenové kapacity rostlin**, také v souvislosti s očekávanými změnami charakteristik půdy a posunem plodin do oblastí s jinými druhy a typy půd. Komplexní řešení se očekává i od multidisciplinárních projektů, řešených na úrovni spolupráce mezi více zeměmi a vědeckými

odborníky, jako jsou například v současnosti běžící projekty **WHEALBI** (2014 - Wheat and barley legacy for breeding improvement), řešený v rámci evropského rámce FP7 nebo **CLIMBAR** (2014 - ClimBar: an integrated approach to evaluate and utilise genetic diversity for breeding climate-resilient barley), nadnárodní projekt zaměřený na studium epigenetické informace ječmene v souvislosti s odolností ke stresům.

Je známo, že v důsledku globálních změn klimatu **dojde ke změnám úrovně více klimatických faktorů a zvýší se i pravděpodobnost výskytu extrémních jevů počasí**. Proto je nezbytný další výzkum, zaměřený na multifaktoriální působení těchto změn, který by měl zahrnovat co možná největší počet experimentálních prostředí i studovaných objektů či genotypů. K tomuto účelu by se měly co nejvíce využívat **postupy a metody selekce s využitím jednoduchých DNA markerů a poznatků z dalších oblastí genetiky, bioinformatiky, proteomiky apod.** (Dawson *et al.*, 2015). Odborníci rovněž navrhují, aby se následný výzkum prováděl v přírodních podmínkách s využitím moderní techniky, která umožňuje simulovat působení dílčích stresových faktorů (Ingvordsen, 2014).

Všechna opatření v oblasti rostlinné výroby by tedy měla směřovat k udržení a případnému růstu produktivity zemědělských plodin a surovin, které jsou primárními zdroji pro zachování a další existenci lidstva i v podmínkách měnícího se klimatu.

Dedikace

Příspěvek byl vypracovaný s podporou poskytovatele MZe ČR, institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace RO0211 a s podporou TA ČR, projektu CK TE02000177.

Adresa autorů

Ing. Kateřina Vaculová, CSc., Ing. Eva Bajerová
Agrotest fyto, s.r.o., Havlíčkova 2787/121, 767
01 Kroměříž

Použitá literatura k části **Vliv klimatických změn na zemědělskou produkci s důrazem na obilniny:**
Seznam použité literatury je k dispozici na požádání u autorů příspěvku.



Možnosti využití odrůd obilovin s nízkým obsahem aveninů

(D. Gabrovská, K. Vaculová, I. Polišíenská)

Bezpečnost konzumace ovsu pro pacienty s celiakií (CD) je tématem diskusí již několik let. Existují studie dokladující, že konzumace ovsu je pro celiaky bezpečná, existují však také studie, které dokladují, že citlivost celiaků na oves existuje. Oves je z výživového hlediska významným zdrojem bílkovin, tuku, vitaminů, minerálních látek a vlákniny a mohl by tedy být pro osoby s CD značným přínosem.

Ze současného stavu poznání vychází, že „čistý“ oves (tj. bez příměsí jiných obilovin obsahujících lepek) je pro **většinu** osob trpících CD bezpečný a hlavním problémem je otázka kontaminace ovsu jinými obilovinami obsahujícími lepek. Asociace Evropské společnosti pro celiakii (Association of European Celiac Society – AO ECS) certifikuje produkty obsahující oves jako bezpečkové, pokud je v nich obsah lepku < 20 mg/kg, zároveň však tyto výrobky musí být jasně označeny, že obsahují oves („OVES“).

Ke kontaminaci ovsu může dojít, je-li předplodinou pro oves běžná obilovina obsahující lepek, dále v průběhu sklizně, pokud je oves sklizen stejným kombajnem jako ostatní obiloviny a také pak v průběhu skladování. Při pěstování nekontaminovaného („čistého“) ovsu je požadováno, aby na pozemku nebyly obiloviny obsahující lepek pěstovány v předchozích 4 letech. Jsou vyžadovány polní prohlídky porostů a pečlivá ruční selekce případných jiných obilovin. Sklizeň je možno provádět pouze kombajnem používaným výhradně pro bezpečkové obiloviny. Sklizený „čistý“ oves je nutno skladovat v nových vacích nebo speciálně čistěných zásobnících. Produkce takového ovsu musí být garantována již v poli a ne až posklizňovým čištěním.

Publikace věnovaná ovsu (**Obiloviny v lidské výživě, Stručné shrnutí poznatků se zvýšeným zaměřením na problematiku lepku**) vydaná v roce 2015 v rámci pracovní skupiny byla zaměřena na otázku legislativy ve vztahu k ovsu a na otázku konzumace ovsu celiaky a to z pohledu klinických testů. V uvedené práci byly zmíněny 3 významné klinické studie provedené ve Finsku, Itálii a Irsku.

V první studii bylo vybráno 54 pacientů, u kterých byla prokázána celiakie biopsií. Byla naplánována konzumace 50 g ovsu denně po dobu jednoho roku. U devíti pacientů se nepodařilo studii dokončit. 46 pacientů dokončilo studii, průměrně konzumovali 286 g ovsu týdně (97 – 513 g) po dobu průměrně 48 týdnů (rozmezí 33 – 58). Podrobná analýza znovu potvrdila netoxicitu ovsu. Bezpečnost (netoxicity) byla prokázána nepřítomností klinických příznaků, serologickými a histologickými testy. Studie také prokázala rozdíly v antigenní stimulaci způsobenou expozicí gliadinem nebo aveninem (**Coper et al., 2012**).

Další studie provedená finskou skupinou odborníků zahrnovala 110 pacientů s celiakií. Celá studie trvala 8 let a během ní pacienti konzumovali na trhu běžné dostupné potravinářské výrobky obsahující oves. Ovesné výrobky přispívají k rozšíření sortimentu potravin u celiaků, zlepšují nutriční hodnotu bezpečkové diety a jsou zdrojem potřebné vlákniny, jejíž přísun je běžné bezpečkové diety nízký. U pacientů nebyly pozorovány žádné klinické příznaky, nebyla zhoršena morfologie střeva, nedošlo ke zhoršení zánětu nebo zvýšení protilátek proti tkáňové transglutaminase. U některých pacientů došlo


naopak ke zlepšení morfologie střeva ve srovnání s pacienty, kteří oves nekonsumovali (**Kaukinen et al., 2013**). Tato data potvrzují i výsledky předcházející studie, která probíhala po dobu pěti let u 23 pacientů (**Janatuinen et al., 2002**). Poslední významná studie byla provedena v Itálii, do které byly zahrnuty děti ve věku od 4 do 14 let. Tato náhodná, dvojitě zaslepená, placebem kontrolovaná studie trvala 15 měsíců. Děti byly rozděleny do dvou skupin A a B. Každá skupina byla 6 měsíců na dietě A nebo B, pak 3 měsíce na běžné bezlepkové dietě a pak na dietě B nebo A. Dieta A a B byla běžná bezlepková dieta s ovsem nebo placebem. Celou dobu byly sledovány gastroenterologické symptomy a test střevní propustnosti (poměr laktulosa/mannitol v moči). Tato předběžná studie prokazuje, že konzumace nekontaminovaného ovsu u dětí nemá negativní vliv na změny v propustnosti střevní stěny a gastroenterologické symptomy (**Gatti et al., 2013**).

Práce věnovaná problematice ovsu byla v roce 2016 zaměřena na vědecké práce věnované testování odrůd a obsahu aveninů a jejich imunogenním vlastnostem ve vztahu k celiakii. V těchto pracích byla pozornost zaměřena na *in vitro* testy a biologické testy, které poskytují výsledky ve vztahu k imunogenitě aveninů a jejich epitopů.

Oves obsahuje skupinu prolaminů, zvanou aveniny. Ty tvoří 10-15 % celkových bílkovin obsažených v zrna ovsu. Aveniny mají vysoký obsah prolinu a glutaminu a nízký obsah lysinu. V ovsu byly nalezeny dva CD relevantní T buněčné epitopy lepku (Arentz-Hansen et al., 2004), tj. sekvence, které spouštějí intenzivní odpověď u pacientů s celiakií (DQ2.5-ave-1a PYPEQEPEPF - Av- α 9A a DQ2.5-ave-1b PYPEQEPEPF - Av- α 9B). Londono et al., 2013) ve své práci studovali frekvenci T buněčných epi-

topů a jejich variabilitu u různých odrůd a druhů ovsu (diploidních - *Avena ventricosa*, *A. clauda*, tetraploidních - *A. macrostachya*, *A. murphy*, *A. insularis* a dvou odrůd hexaploidního druhu *A. sativa*) a zjišťovali, zda se u ovsu nacházejí shodné epitopy, známé ze studia lepku pšenice, žita nebo hordeinů ječmene. Screening aveninových proteinů na přítomnost CD relevantních T buněčných epitopů ukázal, že i když se mezinárodně akceptované známé lepkové epitopy mezi těmito bílkovinami nenacházejí, aveninové epitopy Av- α 9A a Av- α 9B (jejichž imunogenita se projevovala u malého počtu CD pacientů) však byly nalezeny u všech studovaných materiálů ovsu. Z toho autoři usuzují, že zřejmě nelze detekovat žádnou odrůdu ovsu bez těchto skupin proteinů. Nízký počet a malá diversita rodiny genů, kódujících aveninové proteiny (10-11 genů u hexaploidních druhů a ještě nižší u ostatních druhů) byla ve shodě s nízkým obsahem prolaminů u ovsu (10-15%) ve srovnání s ostatními lepek obsahujícími obilovinami (až 80 % z celkového obsahu bílkovin – **Tatham et al., 2000**).

Skupina kolem profesora Troncone (**Maglio et al., 2011**), který se řadu let věnuje této problematice, se věnovala testování imunogenicity u dvou odrůd ovsu a jejich bezpečnosti pro celiaky. Byly vybrány zástupci dvou druhů ovsu *Avena genziana* a *Avena potentilla*. Byly odebrány biotické vzorky tenkého střeva od celé řady pacientů – pacienti s atrofií střevních klků (Marsh M3c) a s vysokými hodnotami protilátek proti tkáňové glutaminase, pacienti na bezlepkové dietě s normálním obrazem střevní sliznice (Marsh M0/M1) a normálními hodnotami protilátek proti tkáňové glutaminase, pacienti HLA-DQ2 pozitivní a pacienti pro produkci linie střevních T-buněk. Prolaminová frakce ovsu byla vyextrahována do etanolu a dále podrobena enzymové hydrolyze pepsinem a trypsinem. Tyto vzorky



byly dále použity pro testování. Stejný postup byl proveden i u pšenice (*Triticum aestivum*, odrůda *Sagittario*), která byla použita pro porovnání. Vzorky ovsu byly podrobeny stanovení obsahu lepku pro průkaz čistoty ovsu (běžně používaný test od společnosti R-Biopharm AG pro stanovení obsahu glutenu pomocí protilátky R5). Pro testování imunologických vlastností aveninových a gliadinových peptidů ve vztahu k patogenezi celiakie byly použity následující testy pro zkoumání, testování přirozené a adaptivní imunitní odpovědi střevní sliznice pacientů s celiakií na ovesné a pšeničné prolaminy:

Na CaCo-2 buňkách byly hodnoceny po inkubaci s enzymově hydrolyzovanými aveniny a gliadiny.

1. Test fosforylace mimobuněčné signálem regulované kinázy (ERK) v linii buněk střevního epitelu (CaCo-2 buňky).
2. Měření transepiteliální elektrické rezistence (TEER) pro stanovení integrity bariery střevního epitelu (CaCo-2 buňky).

U tkáňových kultur z biopsie tenkého střeva byly hodnoceny po inkubaci s enzymově hydrolyzovanými aveniny a gliadiny:

3. Proliferace enterocytů klků ve slizničních kryptách.
4. Exprese IL 15 (Interleukin 15) – vysoké hodnoty u pacientů v aktivní fázi nemoci.
5. Produkce interferonu γ (INF- γ) – průkaz zvýšené aktivity gliadin-specifických T-buněk.
6. Intraepiteliální infiltrace lymfocytů (CD 3⁺).
7. Aktivace mononukleárních buněk v lamina propria (CD25⁺) - marker zánětu.

Vědecký tým došel k těmto závěrům: ovesné prolaminové peptidy nebyly schopné v mukóze pacientů indukovat proliferaci enterocytů, zvýšit produkci interleukinu a zvýšit aktivaci mo-

nonukleárních CD 25⁺ buněk. Jedna z odrůd prokázala zvýšení infiltrace lymfocytů (CD 3⁺) a hladiny INF- γ , což prokázalo aktivaci intraepiteliálních gliadin-specifických T-buněk.

Obě odrůdy také nebyly schopné indukovat fosforylaci mimobuněčné kinázy a redukci TEER pro průkaz poškození integrity střevní bariéry. Pšeničné prolaminové peptidy naopak u všech těchto testů prokázaly schopnost indukovat změny v imunitním systému pacientů s celiakií.

Další významnou studií (**Ballabio et al., 2011**) byla studie věnovaná molekulární charakterizaci 36 odrůd ovsu a jejich in vitro hodnocení ve vztahu k celiakii. Do studie bylo vybráno 36 odrůd ovsu, z toho komerčních 21 pluchatých odrůd a jedna odrůda nahého ovsu. Další odrůdy a genotypy byly experimentální. U všech vzorků bylo provedeno stanovení frakcí bílkovin metodou SDS-PAGE a stanovení obsahu glutenu po extrakci vzorků do 60% ethanolu a tzv. cocktailu metodou ELISA R5. Jako negativní kontrola byly použity bezlepkové těstoviny a jako pozitivní kontrola byl zvolen gluten (lepek). SDS-PAGE prokázala aveniny v oblasti molekulové hmotnosti 29,5 kDa a mezi 37,8 a 54,1 kDa. Nebyly prokázány bílkoviny v oblasti vysokých molekulových hmotností. Dále byl použit imunobloting s protilátkou proti gliadinu. Zde byla prokázána vysoká reaktivita u gliadinu. U aveninů byla prokázána nižší reaktivita s protilátkou proti gliadinům, která se výrazně lišila v závislosti na odrůdě.

Výsledky stanovení obsahu glutenu ELISA metodou byly negativní s výjimkou 2 odrůd. 4 odrůdy vykazaly hodnoty kolem 20 mg/kg. **Výsledky biochemického hodnocení v kombinaci s taxonomickou klasifikací obilnin ukazují, že některé odrůdy ovsu by mohly být zařazeny do bezlepkové diety.** Dvě bezpluché (nahé) odrůdy, které

neprokázaly nikdy významnou imunoreaktivitu spojenou s toxickými prolaminami, byly použity pro výrobu experimentálních pekařských výrobků pro testování *in vivo*.


Studie autorů (**Silano *et al.*, 2007**) studie použila pro hodnocení imunogenicity ovsa 4 odrůdy a hodnotila imunogenicitu testem proliferace periferních lymfocytů a stanovením hodnoty interferonu - γ . Test PBMCs (*peripheral blood mononuclear cells* – mononukleární buňky periferní krve) je používán jako neinvazivní a rychlý nástroj pro hodnocení imunogenních epitopů obilovin schopných indukovat imunitní odpověď T-buněk (T-lymfocytů). Jako pozitivní kontrola byla použita pšenice a jako negativní rýže. Pro test byly získány vzorky periferní krve pacient v den, kdy byla také provedena biopsie, a to u 10 dětí ve věku 5-13 let. Pro test byla provedena enzymová hydrolýza mouky z ovsa, pšenice a rýže. U všech vzorků obilovin byla provedena deaminace tkáňovou transglutaminasou. Inkubace vzorků krve trvajících 96 hodin prokázala významný nárůst - uvolnění proliferace lymfocytů. Dvě odrůdy vykázaly vyšší imunogenicitu než dvě zbylé. Pšeničný gliadin vykázal samozřejmě nejvyšší míru proliferace. Stejně tak byly stanoveny významně zvýšené hodnoty interferonu - γ , odrůdy se mezi sebou v míře proliferace poměrně lišily. Výsledky ukázaly, že aveniny jsou schopné aktivovat periferní lymfocyty získané od pacientů s celiakií, ovšem různé odrůdy vykazují různou imunogenicitu – imunogenní aktivitu. V tomto testu ještě navíc byl použit pouze extrakt do 60% ethanolu. Do budoucna by bylo dobré použít i extrakt do cocktailu nebo v současné době používaného extrakčního roztoku, které jsou používány pro vlastní stanovení glutenu pro kontrolu bezpečkových potravin.

Mujico *et al.* (2011) zaměřili svou práci na stimulaci gama-specifických T-buněk získaných

od pacientů s celiakií a na zkříženou reakci ovesného extraktu s protilátkou proti LMW-gluteninu (prokázání existence epitopů v ovsu, které jsou schopné stimulovat T- buňky). Testováno bylo 26 odrůd ovsa a opět i zde byla prokázána imunogenní reaktivita v závislosti na odrůdě ovsa. Testovány byly opět enzymové hydrolyzáty ovesných aveninů.

Comino *et al.* (2011) prokázali za použití nové protilátky G12 cílené proti jednomu určitému toxickému fragmentu, že imunogenita ovsa pro pacienty s CD je různá v závislosti na odrůdě ovsa. U různých odrůd ovsa (prokazatelně nekontaminovaných jinými obilovinami obsahujícími lepek) sledovali rozdíly v rozpoznání monoklonální protilátky G12 pomocí ELISA metody a western blotu. Imunogenita odrůd ovsa byla určena koncentrací 33-mer, proliferací T buněk a produkcí interferonu - γ . Bylo prokázáno, že reaktivita této protilátky se zásobními proteiny různých odrůd ovsa je v korelaci s imunotoxicitou. Na základě reaktivity vůči monoklonální protilátce G12 rozlišili tři skupiny odrůd ovsa: skupinu s prokázanou afinitou, skupinu vykazující slabou reaktivitu a třetí skupinu, která nevykazovala žádnou reaktivitu.

Byla pozorována přímá korelace mezi reaktivitou s protilátkou G12 a imunogenicitou různých prolaminů. Výsledky ukazují, že reaktivita monoklonálních protilátek G12 je proporcionální imunotoxicitě odrůdy. Tyto rozdíly mohou vysvětlit rozdílnou klinickou odezvu pozorovanou u pacientů trpících CD a zároveň otvírají nové možnosti, jak identifikovat bezpečné odrůdy ovsa, které by mohly být využity pro obohacení diety u pacientů s CD. Gliadin (prolaminy z pšenice) vykazoval v jejich studii 40 až 400 krát vyšší reaktivitu vůči monoklonální protilátce G12 než kterýkoliv z testovaných aveninů (prolaminy z ovsa).



Tato studie může vysvětlit dřívější protichůdné výsledky týkající se bezpečnosti ovsa pro pacienty s CD a navrhuje praktickou metodu jak odrůdy potenciálně přijatelné pro pacienty s CD vybrat. Dokladuje, že tato monoklonální protilátka G12 je spolehlivý nástroj pro detekci odrůd ovsa potenciálně přijatelných pro pacienty s CD. Jejich výsledky by měly být brány v úvahu při klinických výzkumech sledujících vliv ovsa na pacienty s CD, tj. mělo by být bráno v úvahu, o jaký oves se jedná.

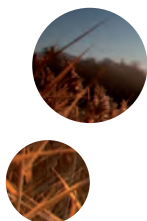
Firma Romer Labs (**Romer Labs® Spotlights Vol. 25**) provedla studii za použití vlastního kitu AgraQuant® G12 Gluten ELISA Test Kit sledující, zda existují rozdíly v obsahu lepku u různých odrůd ovsa. Analyzovali celkem 84 různých genotypů ovsa. Některé výsledky také srovnávali s výsledky získanými pomocí standardního kitu R5 Sandwich ELISA. Uvádějí, že všechny čisté ovsy (tj. bez příměsí obilovin obsahujících lepek) měly obsah lepku nižší než 20 mg/kg a jsou tedy pod legálním limitem (20 mg/kg) pro označení „bezlepkový“ v Evropě a USA. Mezi jednotlivými genotypy ovsa zjistili v obsahu lepku rozdíly.

V laboratoři Agrotestu fyto, s.r.o. jsme testovali celkem 30 genotypů ovsa na obsah lepku kitem firmy AgraQuant® G12 Gluten ELISA Test Kit. Tento kit má limit detekce (LOD) 2 mg/kg lepku, limit kvantifikace (LOQ) 4 mg/kg lepku. Mezi 30 analyzovanými genotypy ovsa bylo 18 u nás doporučených odrůd (11 pluchatých, 7 nahých) a 12 zahraničních odrůd, o nichž byly

známy údaje o obsahu lepku z práce firmy Romer Labs (Romer Labs® Spotlights Vol. 25). AgraQuant® G12 Gluten ELISA Test Kit je 96 jamkový kit, který zahrnuje 5 standardů (0, 4, 20, 80, 200 mg/kg gluten) kalibrovaných proti PWG-gliadinu (**Halbmayer-Jech et al., 2012**), mikrojamky s nakoutovanou protilátkou Gluten G12 a všechny potřebné roztoky ve formě „ready to use“.

Výsledky jsou shrnuty v tab. 6 (vybrané genotypy testované firmou Romer Labs) a tab. 7 (doporučený sortiment odrůd ovsa v ČR). Naše výsledky potvrzují skutečnost, že odezva různých odrůd ovsa na protilátku G12 je různá. Obsah lepku v doporučeném sortimentu odrůd je vyšší, než u vybraných genotypů testovaných firmou Romer Labs. Obsah lepku menší než 20 mg/kg měla jediná odrůda **Korok** (10 mg/kg), na hranici byla ještě odrůda **Kertag** (22 mg/kg). Maximální obsah lepku byl zjištěn u odrůdy **Max** (81 mg/kg). U vybraných genotypů (viz tab. 6) byl obsah lepku velmi nízký, max 8 mg/kg (odrůda **Veli**). U 5 genotypů byl pod LOD. Výsledky se vždy zcela neshodují s výsledky testování v laboratoři Romer Labs, je však nutno vzít v úvahu nejistotu stanovení a skutečnost, že kit byl použit v laboratoři Agrotestu poprvé.

Skutečnost, že různé odrůdy ovsa obsahují různý obsah lepku spolu se skutečností, že v doporučeném sortimentu odrůd v ČR byla zjištěna vyšší úroveň obsahu lepku, vyžaduje pozornost a je třeba ji vzít do úvahy při zařazování ovsa na jidelniček celiaků.



Tab. 6.: Obsah lepku analyzovaný v laboratoři Agrotestu fyto, s.r.o. u vybraných genotypů ovsa kitem AgraQuant® G12 Gluten ELISA, ve srovnání s hodnotami získanými pro stejné odrůdy podle analýz firmy Romer Labs, pomocí téhož kitu a podle kitu využívajícího protilátku R5

Odrůda	Typ	Obsah lepku (mg/kg)		
		G12*	G12**	R5**
Rhiannon	nahý	5	10-20	NA
Miku	pluchatý	< LOD	10-20	NA
Lisbeth	nahý	3	6-10	NA
Zuton	nahý	6	6-10	< 5
Roope	pluchatý	4	< 5	NA
Aarre	pluchatý	< LOD	< 5	NA
Balado	pluchatý	7	< 5	< 5
Gerald	pluchatý	< LOD	< 5	< 5
Veli	pluchatý	8	< 5	NA
Glider	pluchatý	< LOD	< 5	NA
Quoll	pluchatý	3	< 5	NA
Sisko	pluchatý	< LOD	< 5	NA


* výsledky analýz laboratoře Agrotestu fyto, s.r.o.

** výsledky analýz uvedené v Romer Labs, Spotlights Vol. 25

NA – netestováno

Tab. 7.: Obsah lepku v doporučeném sortimentu odrůd v ČR, výsledky analýz laboratoře Agrotestu fyto, s.r.o.

Odrůda	Typ	Obsah lepku (mg/kg)	Odrůda	Typ	Obsah lepku (mg/kg)
Atego	pluchatý	54	Hynek	nahý	55
Bingo	pluchatý	61	Kamil	nahý	54
Kertag	pluchatý	22	Oliver	nahý	58
Korok	pluchatý	10	Otakar	nahý	62
Max	pluchatý	81	Patrik	nahý	35
Norbert	pluchatý	36	Saul	nahý	58
Ozon	pluchatý	24	Tibor	nahý	74
Poseidon	pluchatý	44			
Raven	pluchatý	55			
Sagar	pluchatý	58			
Scorpion	pluchatý	63			



Zvyšující se počet konzumentů s prokázanou celiakií nebo i pouhou negativní odezvou na lepek v cereálních výrobcích vede k zvýšení počtu prací věnovaných podrobnému studiu nejvíce toxických epitopů pšenice, žita i ječmene s cílem prozkoumat a nalézt sekvence s aminokyselinovými rezidui, odpovědnými za imunogenicitu a nové materiály se sníženým obsahem těchto nežádoucích proteinů. **Anderson et al. (2006)** provedli mutagenезi sekvencí DQ2.5-gli-a1a and DQ2.5-gli-a2 a zjistili, že jednoduchá substituce zrušila jejich aktivitu. Tyto práce vedou ke snaze detekovat přirozenou variabilitu v prolaminech různých odrůd nebo linií pšenice, které by byly bezpečné pro CD pacienty. Základním postupem je křížení linií, které mají nižší frekvenci toxických epitopů a převod těchto materiálů do forem které budou komerčně úspěšné, zejména z hlediska výnosu, agronomických vlastností a kvality (**Shewry a Tatham, 2016**). Protože nejvyšší toxicitu vykazují α -gliadiny, je kladen důraz na využití rozdílů v množství a variabilitě sekvencí proteinů této skupiny.

Práce různých autorů jsou zaměřené na detekci linií s redukcí také některých dalších skupin gliadinů, zejména genu D. I když byla detekována široká variabilita v distribuci a intenzitě toxických CD bílkovin různých genotypů pšenice, je vývoj přirozeně „bezpečných“ odrůd pšenice pro CD pacienty doposud pouze na výzkumné úrovni. Dalšími možnými cestami je využití mutagenезe, zejména v posledních letech s využitím postupů genetického markérování a identifikace mutací na hladině sekvence genů pomocí screeningu, založeného na PCR technologii známé jako TILLING (Targeting Induced Local Lesions in Genomes) (**Slade et al., 2005; Chen et al., 2012**). Jiné skupiny pracovníků využívají postupy transgenóze. Například autoři **Wieser et al. (2006 a, b)** a **Becker et al. (2012)** popisují transgenní linie, kde je down-regulace α -gliadi-

nů spojená se zvýšením obsahu albuminů, globulinů a dalších gliadinů a nízkomolekulárních podjednotek, přičemž dochází k redukcí celkových lepkových bílkovin o cca 9 %. Dále byly prezentovány studie s redukcí obsahu ω 5-gliadinů a γ -gliadinů, avšak i zde lze zatím očekávat pouze dílčí úspěchy a je zapotřebí prověřovat kvalitu a pekařské vlastnosti takových materiálů.

Snahy o vyšlechtění ječmene s nízkým obsahem hordeinů pro výrobu piva vhodného pro celiaky byly korunovány úspěchem australských vědců (**Tanner et al., 2016**), kteří vyšlechtili klasickým postupem odrůdu ječmene s ultra-nízkým obsahem lepku (hordeinu), u níž je obsah tohoto proteinu redukován pod úroveň 5 ppm. Tento materiál byl sladován a bylo z něj úspěšně vyrobeno pivo. Uvedená odrůda má potenciál využití k výrobě nových zdravých potravin a nápojů pro konzumenty, kteří vyžadují nízko lepkovou dietu. Jako poslední prezentovaná práce, která se vrací ke klinickým testům, patří k nejnovějším. **Hardy et al. (2015)** publikovali práci věnovanou stimulaci avenin-specifických T-buněk u pacientů s celiakií po konzumaci ovsa a ječmene. 73 účastníků studie konzumovalo po dobu 3 dnů 100 g ovesné mouky a byla sledována odpověď avenin-specifických buněk k peptidům obsažených v knihovně aveninových peptidů. Byla sledována zkřížená reakce s pšenicí, ječmene a žitem. Avenin-specifická odpověď byla pozorována u 6 pacientů (8 %) a to proti čtyřem podobným peptidům. Orální podání ječmene indukovalo zkříženou reakci avenin/hordein T-buněk u většiny pacientů, zatímco pšenice a žito tento vliv neměly. In vitro, imunogenní peptidy aveninu podléhaly hydrolyze trávicími endopeptidázami a vykazovaly slabou HLA-DQ 2,5 vazebnou stabilitu. Výsledky prokázaly, že pacienti mají T-buňky schopné reagovat vůči imunodominantním epitopům ječmene a homologním peptidům aveninů ex vivo, ale četnost a konzistence T-buněk

v krvi je vyšší po konzumaci ječmene než ovsu. Nízká hodnota aktivace T-buněk po konzumaci ovsu ukazuje, že tato dávka ovsu běžně konzumovaná je nedostatečná k propuknutí klinických příznaků a podporuje bezpečnost ovsu prokázanou v dlouhodobé studii konzumace ovsu.

Dedikace

Tato práce vznikla za podpory projektu MZe č. RO0211.

Použitá literatura k části Možnosti využití odrůd obilovin s nízkým obsahem aveninů:

Cooper, S.E.J., Kennedy N.P., Mohamed B.M., Abuzakouk M., Dunne J., Byrne G., McDonald G., Davies A., Edwards C., Kelly J., Feighery C.F. (2012): Immunological indicators of coeliac disease activity are not altered by long-term oats challenge, *Clinical and Experimental Immunology*, 171: 313-318, 2012.

Janatuinen E.K., Kempainen T.A., Julkunen R.J.K., Kosma V.-M., Mäki M., Heikkinen M., Uusitupa M.I.J. (2002): No harm from five year ingestion of oats in coeliac disease. *Gut*, 50: 332-335.

Gatti S., Caporelli N., Galeazzi T., Francavilla R., Barbato M., Roggero P., Malamisura B., Iacono G., Budelli A., Gesuita R., Catassi C., Lionetti E. (2013): Oats in the Diet of Children with Celiac Disease: Preliminary Results of a Double-Blind, Randomized, Placebo-Controlled Multicenter Italian Study, *Nutrients*, 5, 4653-4664; doi:10.3390/nu5114653.

Arentz-Hansen H., Fleckenstein B., Molberg O., Scott H., Koning F., Jung G., Roepstorff P., Lundin K.E.A., Sollid L.M. (2004): The molecular basis for oat intolerance in patients with Celiac disease. *Plos Medicine* 1, 84e92.

Comino I, Real A, De Lorenzo L, et al. (2011): Diversity in oat potential immunogenicity: basis for the selection of oat varieties with no toxicity in coeliac disease. *Gut*, 60: 915-922.

Romer Labs:

http://oatnews.org/oatnews_pdfs/2015/Vol_025_Spotlight_Original_64775.pdf


Halbmayer-Jech E., Hammer E., Fielder R. et al. (2012): Characterization of G12 sandwich ELISA, a next-generation immunoassay for gluten toxicity. *J AOAC Int.*, 95 (2): 372-376.

Londono D.M, van't Westende W.P.C., Goryunova S., Salentijn E.M.J., van den Broeck H.C., van der Meer I.M., et al. (2013): Avenin diversity analysis of the genus *Avena* (oat). Relevance for people with celiac disease. *Journal of Cereal Science*, 58 (1):170-177.

Tatham A.S., Gilbert S.M., Fido R.J., Shewry P.R. (2000): Extraction, separation and purification of wheat gluten proteins and related proteins of barley, rye and oats. *Methods in Molecular Medicine* 41, 55e73.

Maglio M., Mazzarella G., Barone M.V., Gianfrani C., Pogna N., Gazza L., Stefanile R., Camarca A., Colicchio B., Nanayakkara M., Miele F., Iaquinto G., Giardullo N., Maurano F., Santoro P., Troncone R., Auricchio S. (2011): Immunogenicity of two oat varieties, in relation to their safety for celiac patients, *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, 46: 1194-1205.

Ballabio C., Uberti F., Manfredelli S., Vacca E., Boggini G., Redaelli R., Catassi C., Lionetti E.,

- 
- Peñas E., Restani P. (2011): Molecular characterisation of 36 oat varieties and in vitro assessment of their suitability for coeliacs' diet. *Journal of Cereal Science*, 54 (1): 110-115.
- Silano M., di Benedetto R., Maialetti F., de Vincenzi A., Calcaterra R., Cornel H.J., de Vincenzi M. (2007): Avenins from different cultivars of oats elicit response by coeliac peripheral lymphocytes, *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, 42: 1302-1305.
- Mujico J.R., Mitea Ch., Gilissen L.J.W.J., de Ru A., van Veelen P., Smulders M.J.M., Koning F. (2011): Natural variation in avenin epitopes among oat varieties: Implications for celiac disease, *Journal of Cereal Science*, 54: 8-12.
- Taylor J., Campanella O.H., Hamaker B.R. (2016): Functionality of the storage proteins in gluten-free cereals and pseudocereals in dough systems. *Journal of Cereal Science*, 67: 22-34.
- Shewry P.R., Tatham A.S. (2016): Improving wheat to remove coeliac epitopes but retain functionality. *Journal of Cereal Science*, 67: 12-21.
- Chen L., Huang L., Min D., Phillips A., Wang S., Madgwick P.J., Parry M.A.J., Hu Y.-G. (2012): Development and characterization of a new TILLING population of common bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *PLoS One* 7, e41570.
- Slade A.J., Fuerstenberg S.I., Loeffler D., Steine M.N., Facciotti D. (2005): A reverse genetic, nontransgenic approach to wheat crop improvement by TILLING. *Nature Biotechnology*, 23, 75e81.
- Becker D., Wieser H., Koehler P., Folck A., Muhling K.H., Zorb C. (2012): Protein composition and techno-functional properties of transgenic wheat with reduced α -gliadin content obtained by RNA interference. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 85, 23e33.
- Wieser H., Kim J.-J., Kohler P., Garching Folck A., Becker D. (2006b): Charakterisierung von transgenem Weizen mit stark reduziertem α -Gliadinanteil. *Getreidetechnologie* 60, 94e101.
- Wieser H., Koehler P., Folck A., Becker D. (2006a): Characterization of wheat with strongly reduced α -gliadin content. In: 9th Gluten Workshop, pp. 13e16.
- Tanner G.J., Blundell M.J., Colgrave M.L., Howitt C.A. (2016): Creation of the first ultra-low gluten barley (*Hordeum vulgare* L.) for coeliac and gluten-intolerant populations. *Plant Biotechnol J* [Internet]. 2016 Apr [cited 2016 Aug 12];14 (4): 1139-50. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/pbi.12482>
- Hardy M.Y., Tye-Din J.A., Stewart J.A., Schmitz F., Dudek N.L., Hanchapola I., Purcell A.W., Anderson R.P. (2015): Ingestion of oats and barley in patients with celiac disease mobilizes cross-reactivity T cells activated by avenin peptides and immuno-dominant hordein peptides. *Journal of Autoimmunology*, 56: 56-65.
- Kaukinen K., Collin P., Huhtala H., Mäki M. (2013): Long-Term Consumption of Oats in Adult Celiac Disease Patients. *Nutrients*, 5 (11): 4380-4389.

Použití a výživový význam tmavé žitné mouky

(J. Příhoda)

Podle historických nálezů se usuzuje, že žito se v oblasti blízkého východu objevovalo **již asi před 10 000 lety**. Nejstarší nálezy pocházejí z úrodných oblastí Malé Asie. Značně pozdější nálezy se objevovaly v severní Evropě a dále pak se předpokládá, že se dostávaly severnější cestou přes nynější Ukrajinu a Slovensko do severu střední Evropy (dnešní Polsko – Německo) a balkánskou cestou do středo-východní Evropy. Nejstarší nálezy žita v oblasti střední Evropy jsou z období 1800-1500 před Kristem. Některé úvahy uvádějí, **že se žito neplánovaně dostávalo do Evropy jako příměs pšenice**.

Ovšem v nejstarších dobách nepařilo žito k hlavním konzumovaným obilovinám a v úrodných oblastech se vyskytovalo spíše jako chudší příměs pšenice. Jeho pozvolné rozšiřování zejména do severnějších oblastí Evropy se podle některých odborníků přičítá skutečnosti, že pro jeho růst vyhovovaly **drsnější podnební podmínky** (sušší oblasti, vyšší nadmořská výška) více než pro pšenici. Ve středověku se jeho pěstování rozšířilo hlavně ve střední a východní Evropě díky vhodným podmínkám pro jeho přirozený růst. Ovšem šlechtění žita nebyla nikdy věnována taková pozornost jako u pšenice.

Příčinou **rozšíření pěstování žita v českých zemích byly hlavně podnební podmínky**, které mu vyhovovaly lépe než náročnější pšenici. Až do začátku 20. století byly výnosy žita a pšenice v našich podmínkách podobné. **Ještě ve 30. letech min. století semlaly československé mlýny přibližně stejný podíl žita jako pšenice**. Přitom však se pšenice a pšeničná mouka považovaly za hodnotnější a ideálem kvality bylo bílé pečivo z bílé mouky. Dnes známé zdravotní efekty

konzumace tmavých žitných mouk nebyly tehdy známy a tmavý žitný chléb byl považován za podradnější stravu chudších obyvatel. **Až cca po polovině 20. stol. se pozvolna zjišťovaly nutriční efekty žita a žitné vlákniny a osvěta v tomto duchu ještě dlouho neexistovala**.

Všechny zmíněné efekty společně s rozdílnými ekonomickými podmínkami pro produkci a zpracování pšenice a žita vedly k tomu, že **podíl žita se od konce 20. stol. stále snižoval**.

Po 2. světové válce byl podporován výzkum pěstování pšenice s cílem dosáhnout jejího rozšíření i do oblastí, kde dosud neprosperovala. Právě před 50 lety bylo v Mexiku založeno mezinárodní středisko Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT). Mělo za úkol zemědělský výzkum pro poradenství a vývoj podmínek pro pěstování kukuřice a pšenice pro menší farmy zejména v rozvojových zemích. Dlouholeté úsilí vedlo k podstatnému **rozšíření oblastí pěstování pšenice i v suchých nebo horských oblastech**. **Pro žito se nic takového neorganizovalo** a lze předpokládat, že největší pozornost šlechtění a pěstování žita byla věnována ve 2. polovině 20. století v obou německých státech s ohledem na místní potřeby.

U nás má pěstování ozimého žita dlouholetou tradici. **Před druhou světovou válkou bylo žito nejrozšířenější obilovinou**. Jeho výnosy byly porovnatelné s výnosy pšenice i ječmene. V poválečných letech se zvyšovala produkce pšenice a ječmene díky vyšší intenzitě pěstování. Žito bylo nahrazováno intenzivnějšími druhy obilnin, což se také projevilo pomalejším růstem jeho průměrných výnosů proti pšenici i ječmeni. Kle-

sal i podíl žita na oseřých plochách obilnin ze 4,47 % v roce 1997 na 2,68 % v roce 2000. Tyto faktory vedly ke snižování produkce žita v oblasti pěstiteľské.

Další vlivy vedoucí k omezení zpracování žita se uplatnily i při mlýnském a pekárenském zpracování žitných surovin.

Struktura zrna a mletí žita

Na rozdíl od jiných obilovin (ječmen, oves, rýže) nemají běžné odrůdy žita ani pšenice zrno pokryté celulosovou pluchou, a jejich základní struktura zrna je u všech obilovin podobná. Pod několika vnějšími vrstvami, které mají hlavně ochranný význam, je silnější **aleuronová vrstva bohatá na minerální látky a bílkoviny**. Tyto bílkoviny ale mají odlišnou strukturu od makromolekul bílkovin endospermu, a nemají proto funkční vlastnosti při tvorbě nosného gelu těsta a neváží takové množství vody.

Velikost a tvar zrna žita a pšenice je však rozdílný. Zrno žita je obvykle tenčí a podlouhlé a má menší podíl endospermu (obr. 1). Pšeničné zrno je kratší, plnější a obvykle větší (obr. 2). Odlišný tvar zrna je respektován také tím, že pro stanovení kvalitativní charakteristiky tzv. podílu plných zrn (PPZ) se u pšenice zjišťuje podíl zrn, která neprošla sítím 2,5 mm a u žita 2,2 mm. Vyšší PPZ samozřejmě souvisí s vyšším podílem endospermu a nižším podílem obalových vrstev. Podle PPZ lze tak usuzovat na podíl mouk získaných vymletím zrna a mimo jiných je také významným ukazatelem mlynářské kvality zrna.

Podíl morfologických částí zrna se významně liší u pšenice a žita. Obr. 3 znázorňuje průměrné obsahy endospermu v zrnu obou obilovin, což předurčuje kolik mouk (přesněji „jedlých mlynářských produktů“) může být ze zrna vymleto.

Naopak **žito obsahuje podstatně větší podíl nemoučných složek** (obr. 4). Tyto složky, dříve nazývané balastní látky, mají velký vliv na pekař-



ské zpracovatelské vlastnosti žitné mouky. Ale na základě poznatků zjišťovaných zejména ve druhé polovině 20. století dnes víme, že složky z obalových vrstev a hlavně z aleuronové vrstvy mají také významný vliv na nutriční vlastnosti a trávicí procesy u žitných výrobků.

Mletí zrna na mouku je principiálně podobné u pšenice i užitá. Hlavní chody ve schématu zahrnují několikanásobné hrubší drcení zrna (**šrotování**) a pak vícenásobné vydírání endospermu ze zbytků obalových vrstev (**vymílání**). Pro mletí žita se používá jednoduššího schéma než u pšenice, z níž se požaduje obvykle více druhů mouk a oddělují se krupice. Žitné zrna s menším podílem endospermu a jinými fyzikálními vlastnostmi nedává příliš předpoklady k výrobě čistých krupic, a pro další zpracování žitných mlýnským produktů to ani není žádoucí. **Zrna žita je tvrdší a tudíž mechanické drcení a vydírání endospermu musí být intenzivnější.** Tomu musí odpovídat geometrické uspořádání mlecích válců, kinematické parametry jejich otáčení a šířka spáry mezi nimi. V důsledku intenzivnějšího vydírání mouk je pak riziko většího mechanického porušení škrobových zrn v žitné mouce.


Žitné mouky obvykle vykazují větší aktivitu amylolytických enzymů i ve zdravém neporostlém zrna. Ještě ve spojení s větším podílem poškozených škrobových zrn, která jsou amylázami snáze napadána, je mazovatění škrobu v těstě podstatně rychlejší. Pro sledování těchto charakteristik se v minulosti používalo analytického stanovení redukujících cukrů uvolněných enzymy ze škrobu. Vyjadřovalo se tzv. **maltozové číslo** (redukující cukry vyjádřené jako maltosa). V současnosti se používá reologických metod stanovení viskozity škrobového mazu při zahřívání suspenze ve vodě. Jde o komplexní ukazatele, které dávají informaci pro pekařské zpracování žita. Z nich ovšem nezjistíme, zda zhoršená kvalita žitné mouky je způsobena hlavně nadměrnou aktivitou amylasy nebo vyšším poškozením škrobových zrn.

Autoři Gómez *et al.* (2009) testovali modelové mletí žitného zrna se 4 chody šrotování a 10 chody vymílání, což je schéma velmi odlišné

od schémat užívaných běžně v českých mlýnech. Diagram obsahů popela v jednotlivých pasážních moukách je na obr. 5. Názorně se ukazuje, jak **v moukách z pozdějších chodů se výrazně zvyšuje obsah popela.** Zkušenosti ukázaly, že **rozložení obsahu pentosanů v pasážních moukách je velmi podobné rozložení obsahu popela.** Vzhledem k tomu, že ve střední Evropě se při výrobě chleba používá ponejvíce žitné mouky s obsahy popela kolem 0,9-1 %, je zřejmé, že musí být významně využívány mouky z pozdějších chodů, v nichž je současně i **větší pravděpodobnost poškození škrobových zrn.** Více v minulosti, a velmi málo dnes, jsou pro pekařské výrobky používány mouky tzv. výražkové s obsahy popela kolem 0,6 %, neboť jejich zpracovatelské i nutriční hodnoty nejsou dobré.

Autoři Gómez *et al.* (2009) také stanovili v některých pasážních žitných moukách obsahy β -glukanů. Diagram těchto obsahů je na obr. 6. Je zřejmé, že jejich obsah **v moukách pozdějších vymílání stoupá ještě strměji než obsah popela a pentosanů, a že tmavé chlebové mouky jsou jejich významným zdrojem.**

Zmínění autoři také sledovali **změny vaznosti jednotlivých pasážních mouk** vyjádřené jako procentní podíl vody, kterou naváže mouka (=100 %) pro vytvoření těsta standardní konzistence (obr. 7). Z diagramu je zřejmé, že vaznost mouk z vymílání se podstatně zvýšila, často až na dvojnásobek oproti moukám z počátečních chodů šrotování. Zatímco **u pšeničné mouky závisí její vaznost především na obsahu a kvalitě lepkotvorné bílkoviny, u žita jde o komplex vlivů.** Vytváření nosné struktury žitného těsta při hnětení za normální teploty se zúčastní makromolekuly bílkoviny prostorově provázané s makromolekulami pentosanů. Obě složky přispívají k vázání vody v průběhu vytváření těsta. Ke zvýšení vaznosti mouk z některých pozdějších



mlýnských vchodů nepochybně přispívá vyšší podíl pentosanů, ale nezanedbatelný vliv má také podíl poškozených škrobových zrn. Neporušená škrobová zrna mazovají hlavně až při zahřívání, zatímco poškozená zrna přijímají vodu již při normální teplotě. Vyšší podíl poškozeného škrobu tedy zvyšuje vaznost mouky, což pro pekařskou technologii není výhodou.

Technologické a nutriční posouzení žitných mouk

Na produkci žita a žitných výrobků se v průběhu mnoha posledních desetiletí projevila vliv celá řada nepříznivých faktorů. **V zemědělské oblasti to je menší nabídka odrůd vhodných pro různé polohy, nižší výnosy zrna a sklony k porůstání zrna.** V oblasti mlýnského zpracování jsou to náročnější podmínky semilání drobnějších a tvrdších zrn s rizikem poškození škrobu. Při pekařském zpracování je velkým problémem **lepivost žitných těst**, což znemožňuje jejich mechanizované zpracovávání a vyžaduje větší podíl ruční práce. Horší oproti pšeničnému těstu je také pevnost a stabilita tvaru žitných těst.

Všechny uvedené problémy byly také **důvodem k poklesu produkce a konzumace žitných výrobků.** Významný je vedle těchto technologických problémů nárůst obliby pšeničných výrobků, které se dostaly na český trh v devadesátých letech a také nestabilita ceny žita na trhu, která odradila mnoho zemědělských subjektů od jeho pěstování. Přehled spotřeby obilovin a spotřeby žita a pšenice přepočtené na mouku v ČR za posledních 20 let je uveden na diagramu na obr. 8. Zatímco spotřeba všech obilovin je s mírnými výkyvy vyrovnaná **a spotřeba pšenice má spíše stoupající tendenci**, spotřeba žita poklesla za tuto dobu na méně než polovinu. Z hlediska zdravotního a nutričního lze tento vývoj považovat za velmi nepříznivý.

Vliv žitné mouky na kvalitu pekařských výrobků můžeme hodnotit ve dvou směrech: vliv na sensorické vlastnosti a nutriční význam. Zkušenosti se **senzorickými** vlastnostmi žitných výrobků jsou dávno známy. Chléb z čistě nebo převážně žitného těsta byl u nás po staletí základním druhem chleba. Šlo hlavně o **tmavý chléb**, získávaný z tmavé chlebové mouky. Díky obsahu pentosanů a β -glukanů a pevnějšímu vázání vody měl vláčnější střídu než chléb čistě pšeničný, u kterého struktura pečiva závisí především na obsahu a kvalitě lepkotvorné bílkoviny. Stárnutí střídy také bylo pomalejší, takže chléb si udržel větší vláčnost delší dobu. Vlivem odlišné strukturní stavby vykazuje žité těsto menší pružnost než pšeničné a pečivo působí hutnějším dojmem a na průřezu mívá nižší výšku.

Reakci pentosanů v kyselém prostředí a za tepla (zejména při použití přírodního žitného kvasu) **vznikají chuťově a aromaticky typicky výrazné produkty**, které se u pšeničného pečiva s droždím nevyskytují.

V minulosti se také vyráběl „bílý žitný chléb“ **z výrazkové mouky.** Jak už bylo uvedeno, tato mouka zdaleka neobsahuje významný podíl pentosanů a minerálních látek a výrobky měly sušší a drobivou strukturu a neměly dlouhodobě vláčnost jako tmavé chleby.

Konzumace žitných výrobků má některé příznivé **zdravotní vlivy.** Důležitý je vyšší podíl vlákniny, z čehož je zvláště významná rozpustná vláknina. Hlavní roli zde hrají pentosany a β -glukany. Tyto vysoko viskózní a gelotvorné látky mají vliv na zpomalení vstřebávání složek potravy a prakticky se tak zpomalí vstřebávání zatěžujících cukrů a příp. jiných škodlivých látek v potravě. Současně byl prokázán vliv na snižování krevního cholesterolu při pravidelné konzumaci žitných výrobků.

Při konzumaci samotných mlynářských výrobků s vysokým podílem obalových vrstev zrna je u všech obilovin zmiňováno nebezpečí vyplavování vápníku a železa z organismu. Příčinou je vysoký **obsah kyseliny fytové** v těchto vrstvách. V pečivu po důkladné fermentaci (jako žitné kvasy) a po tepelném zpracování (pečení) je podíl volné kyseliny fytové eliminován. Navíc se v posledním desetiletí objevily lékařské zprávy, že vyšší obsah kyseliny fytové hraje významnou roli v omezení výskytu rakoviny, omezení nadměrné tvorby cholesterolu a tvorby ledvinových kamenů. Složky rozpustné obilné vlákniny také prokázaly příznivé vlivy v prevenci a při léčbě diabetes mellitus.

Jako všechny obiloviny obsahují i bílkoviny žita velmi nízký obsah esenciální aminokyseliny **lysinu**. Je proto vhodné doplňovat cereální stravu bílkovinami živočišného původu, nejlépe především mléčných výrobků.

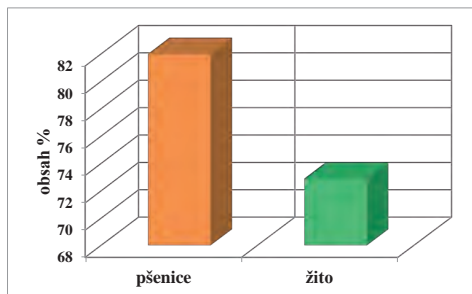
Vzhledem k tomu, že se pro pekařské výrobky používá hlavně tmavých žitných mouk, jsou tyto výrobky při jejich vysoké spotřebě v ČR **cenným zdrojem vitaminů skupiny B a minerálních látek**. I v tom je přínos tmavých žitných výrobků významnější než při konzumaci světlých pšeničných výrobků.



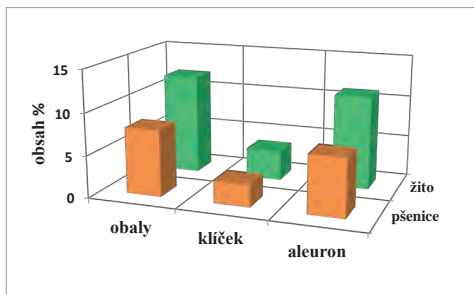
Obr. 1.:
Vzhled a tvar žitného zrna



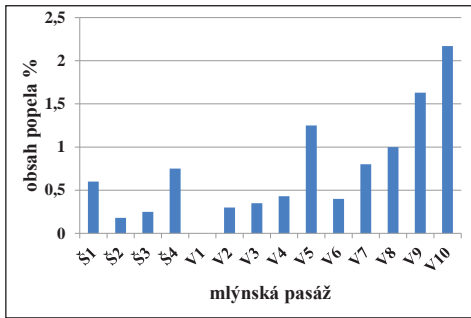
Obr. 2.:
Vzhled a tvar pšeničného zrna



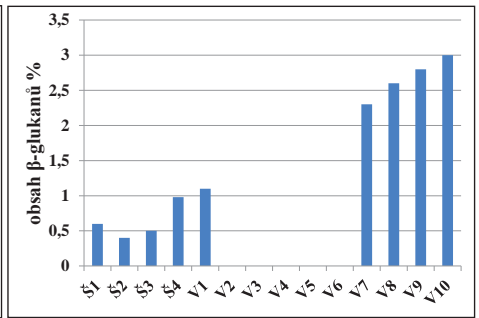
Obr. 3.: Průměrný podíl moučného endospermu v zrna pšenice a žita (upraveno podle Petr a kol., 2008)



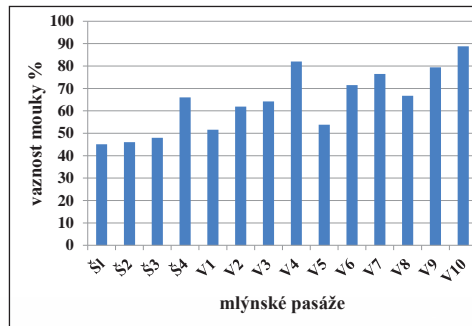
Obr. 4.: Průměrné podíly nemoučných složek v zrna pšenice a žita (upraveno podle Petr a kol., 2008)



Obr. 5.: Ilustrační diagram znázorňující obsahy popela v pasážních moukách žitného mlýna (upraveno podle Goméz *et al.*, 2009)
 Symboly: Š – šrotové chody, V – vymílací chody

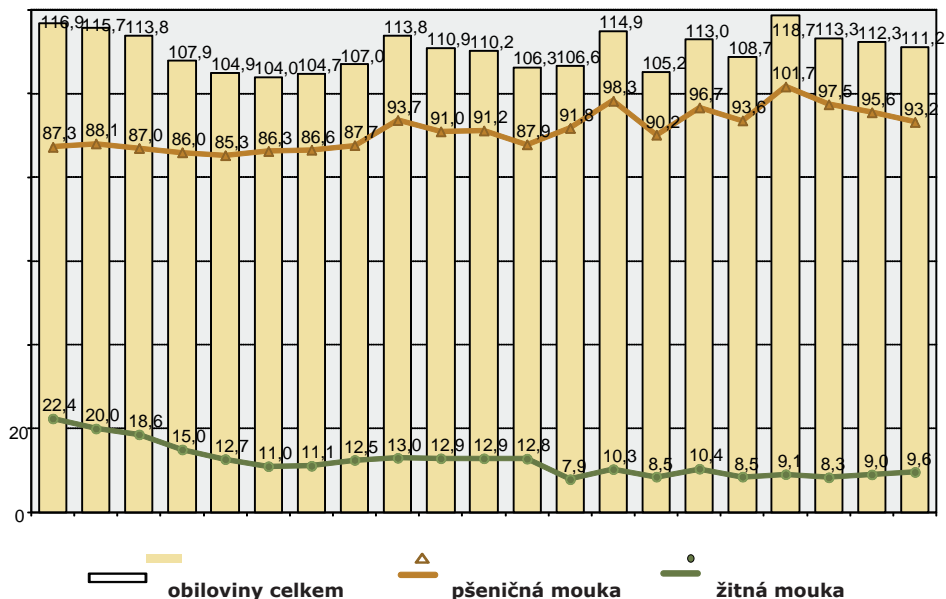


Obr. 6.: Ilustrační diagram znázorňující obsahy β-glukanů v pasážních moukách žitného mlýna (upraveno podle Goméz *et al.*, 2009)



Obr. 7.: Ilustrační diagram znázorňující vaznost pasážních mouk žitného mlýna (upraveno podle Goméz *et al.*, 2009)





Obr. 8.: Spotřeba obilovin v ČR v hodnotě mouky (kg/os/rok)
 (<https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-potravin-2014>)

Použitá literatura k části Použití a výživový význam tmavé žitné mouky:

Goméz M., Pardo J., Oliete B., Caballero P.A. (2009): Effect of the milling process on quality characteristics of rye flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89 (3): 470-476.
 Petr J. a kol. (2008): *Žito a tritice*, Profi Press, Praha.

<https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-potravin-2014>

Netradiční plodiny pro nové cereální výrobky

(M. Hrušková, I. Švec)

Pšeničná mouka jako základní recepturní složka pro tradiční cereální výrobky je z hlediska výživy hodnotným zdrojem rostlinných bílkovin, některých vitaminů a minerálních látek, avšak právem je označovaná za deficitní v obsahu některých nutričně přínosných látek, potřebných ve výživě dnešní populace. Netradiční komponenty vyrobené ze semen nebo plodů rostlin typických např. pro různé lokality nebo etnické skupiny (amarant, fonio, chia, kaštan, lupina, quinoa,

konopí, nopál, tef a žalud) jsou známy nejen jako donor vlákniny, ale i zdraví prospěšných fytochemikálií. Protože se jedná o suroviny s nelepkovým charakterem bílkovin, mají přínos pro nemocné celiakii. Vykazují však spíše negativní vliv na pekařskou technologii. Pro spotřebitelskou jakost pečiva je důležitý druh a výše přídatku netradiční složky, ale uplatňuje se i kvalita pšeničné mouky. Podle laboratorních zkoušek lze doporučit množství 5 - 10 %.

AMARANT – Laskavec krvavý (*Amaranthus cruentus*)



Botanické zařazení: nepravá obilovina
Původ: jižní Amerika, nyní zejména Austrálie
Složení:

Sacharidy (%)	Bílkoviny (%)	Tuk (%)	Vláknina (%)
66	17	6	21

Užití: přísadka do pečiva, sušenek a těstovin
Nutriční přínos: obsah vlákniny a minerálních látek (Ca)

Formy produktu: amarantová celozrnná mouka ze semen amarantu

FONIO – (*Digitaria exilis*, *D. iburua*)



Botanické zařazení: obilovina

Původ: Severní saharská Afrika

Složení:

Sacharidy (%)	Bílkoviny (%)	Minerální látky (%)	Vláknina (%)	Tuk (%)
75	9	3,4	3,3	1,8

Užití: kaše, plochý chléb injera

Nutriční přínos: obsah vlákniny

Formy produktu: světlé zrno (acha), tmavé zrno (iburu) - celozrnné mouky

CHIA – (*Salvia hispanica*)



Botanické zařazení: jednoletá rostlina Šalvěj španělská

Původ: Mexiko, oblast Chiapas

Složení:

Sacharidy (%)	Bílkoviny (%)	Tuk (%)	Minerální látky (%)	Vláknina (%)
25-41	20-22	30-35	4-6	18-30

Užití: pečivo, limitní přídavek 10 % (dle 2013/50/EU)

Nutriční přínos: obsah tuku a vlákniny

Formy produktu: světlé semeno, tmavé semeno - celozrnné mouky

KAŠTAN – Kaštanovník jedlý (*Castanea sativa*)



Botanické zařazení: plod stromu

Původ: jižní Evropa

Složení:

Sacharidy (%)	Bílkoviny (%)	Tuk (%)	Vláknina (%)
9,5-23,4	4,5-9,6	1,7-3,9	2,2-3,5

Užití: přísadka do pečiva a sušenek

Nutriční přínos: obsah vlákniny a minerálních látek

Formy produktu: hladká mouka z plodů kaštanovníku

LUPINA – (*Lupinus polyphyllus*)



Botanické zařazení: luštěnina

Původ: jižní Amerika, nyní zejména Austrálie

Složení:

Sacharidy (%)	Bílkoviny (%)	Tuk (%)	Vláknina (%)
35	39	7	15

Užití: přísadka do pečiva a sušenek

Nutriční přínos: obsah vlákniny a minerálních látek (Ca)

Formy produktu: lupinová mouka z odhořelých semen

KONOPI SETÉ – (*Cannabis sativa*)



Botanické zařazení: jednoletá rostlina

Původ: oblast Himaláje

Složení:

	Sacharidy	Bílkoviny	Tuk	Vláknina
Celé semeno	27,6	24,8	35,5	27,6
Loupané semeno	42,6	33,5	11,1	42,6

Užití: pečivo, sušenky, pivo

Nutriční přínos: obsah vlákniny

Formy produktu: světlá mouka z loupaných semen, tmavá mouka z neloupaných semen ozmné mouky

NOPÁL – (*Opuntia ficus indica*)



Botanické zařazení: sukulentní rostlina rodu Opuncie

Původ: Mexiko

Složení:

Bílkoviny (%)	Tuk (%)	Vláknina (%)	Minerální látky (%)
4,65-8,82	1,47-1,63	15,69-20,63	22,11-23,72

Užití: přísadka do pečiva a sušenek

Nutriční přínos: obsah vlákniny a minerálních látek (Ca)

Formy produktu: nopálová mouka z kladodí opuncie

QUINOA – Merlík chilský (*Chenopodium quinoa*)



Botanické zařazení: pseudocereálie

Původ: jižní Amerika, Mexiko

Složení:

Sacharidy	Bílkoviny	Tuk	Vláknina
(%)	(%)	(%)	(%)
69	17	6	4

Užití: přísadka do pečiva a sušenek

Nutriční přínos: obsah vlákniny a minerálních látek (Ca)

Formy produktu: celozrnná mouka ze semen quinoi

TEF – (*Eragrostis tef*)



Botanické zařazení: obilovina

Původ: Severní Afrika, zejména Etiopie

Složení:

Sacharidy	Bílkoviny	Tuk	Vláknina
(%)	(%)	(%)	(%)
73	9,6	2	3

Užití: plochý chléb injera, pivo tela

Nutriční přínos: obsah Fe

Formy produktu: světlá mouka, celozrnná mouka

Žalud – Dub cesmínovitý (*Quercus ilex*), Dub okrouhlostý (*Q. rotundifolia*)



Botanické zařazení: plod stromu

Původ: jižní Evropa

Složení:

Škrob	Bílkoviny	Tuk	Vláknina	Minerální látky
58,87	3,9	7,7	0,4	1,5

Užití: přísadka do pečiva, sušenek a těstovin

Nutriční přínos: obsah tuků a antioxidantů

Formy produktu: žaludová mouka z plodů dubu

Evropa se nyní nachází v centru civilizační proměny na všech úrovních včetně náplně požadavků na stravování a výživu. Migrující populace z Balkánu, Blízkého východu a Afriky sebou přináší zvyklosti ze své domoviny a přizpůsobení se evropskému životu je ve všech směrech individuální. V požadavcích na výživu lze

očekávat změny spíše postupné, jak to ukazují např. léta prosperující čínské či arabské čtvrti ve světových metropolích. Pekařské výrobky tvoří významný podíl také v jejich stravování a uvedené netradiční plodiny v kombinaci s pšeničnou moukou lze označit za základ pro nové cereální výrobky.

Použitá literatura k části Netradiční plodiny pro nové cereální výrobky:

Čápová V. (2015): Vývoj a hodnocení kvality těstovin s přísadkou nopalové a kaštanové mouky. Bakalářská práce, str. 71. VŠCHT Praha.

Drábková Michaela (2016): Možnosti užití africké plodiny fonio pro fortifikaci cereálních výrobků. Diplomová práce, str. 75. VŠCHT Praha.

Hofmanová T., Švec I., Hrušková M. (2014): Nutritional Properties of Non-traditional Seeds. Journal of Life Medicine 2 (1): 10-14.

Hrušková M., Kadlčíková I., Švec I. (2016): Kaštanová mouka – užití do pekařských výrobků. Pekař a cukrář 5: 42-43.



Hrušková M., Švec I., Mrvíková L., Čápková V. (2016): Nopálová mouka – uplatnění do kompozitních směsí a pekařských výrobků. Ročenka Pekaře a cukráře, 14-18.

Švec I., Hrušková M. (2015): The Mixolab parameters of composite wheat/hemp flour and their relation to quality features. LWT - Food Science and Technology 60: 623-629.



Pohled na obiloviny ve výživě

(P. Tláškal)

Obiloviny jsou součástí téměř každé porce stravy, pokud nekonzumujeme jiné komodity potravin samostatně. **Obiloviny jsou významným zdrojem energie**, kterou tvoří jejich stravitelné sacharidy (zejména škrob). Významným nutričním přínosem obilovin je vedle škrobu, vláknina, minerální látky a některé vitaminy. Složení obilovin se samozřejmě liší v rámci jejich druhových charakteristik a jejich úpravy ke konečné konzumaci. Významnými složkami vlákniny jsou neškorobové polysacharidy a další látky například beta-glukany, arabinoxylany, fruktany, polyfenoly, lignany, fruktany a podobně.


Z nutričního hlediska podporujeme konzumaci především **celozrnných produktů nebo cereálních výrobků s nižším glykemickým indexem**. Obiloviny, tak jako každá potravina, mohou přinášet i některé negativní momenty pro zdraví senzitivního jedince. Největším problémem obilovin mohou být **alergie na lepek, ale jiné bílkoviny a glykoproteiny i na některé jejich další složky**. Genetická výbava naší populace relativně často u obyvatel evokuje onemocnění celiakií, které vyžaduje vyřazení lepku a tím i některých druhů obilovin z výživy člověka.

Obiloviny je tak ve stravě možné různě kombinovat a v některých případech je i nutné je zaměňovat. Je však i možné je vylepšovat ve vztahu k podpoře zdraví člověka. Jedním z příkladů může být vývoj nového pečiva a **snaha o snížení obsahu kuchařské soli (chloridu sodného)**, která se používá k dosažení chuti a podpoře požadované textury pekařského výrobku. Kuchařskou sůl člověk potřebuje, ale v součtu konzumace potravin ji přijímá nadměrně, což může být zdraví škodlivé.

Obiloviny a výrobky z nich se stávají často terčem četných mýtů a dezinformací. Zvláště lepek je často přikládán negativní účinek i tam, kde tomu tak v rámci našich současných odborných znalostí není. Zdravotní, zvláště pak metabolické účinky jednotlivých složek obilovin, které náš organismus přijímá, je tak nutné nadále sledovat a studovat.

Produkce a cíleně usměrňovaná konzumace výrobků z obilovin jsou významnými faktory, které se podílí a dále mohou podílet na lidském zdraví. **Společnost pro výživu (SPV)** je sdružením odborníků z různých oblastí nutričních věd i zájemců o správnou výživu z řad veřejnosti. Je tak organizací, která podle Stanov shromažďuje vědecké i ostatní poznatky o výživě a předává je dále mezi odbornou i laickou veřejnost. Obiloviny jsou tak samozřejmě jednou z významných součástí zájmu i v rámci náplně činnosti naší organizace.

Například v rámci letošních aktivit SPV byl věnován blok přednášek k obilovinám pro pracovníky ze školních jídelen na pravidelně každoročně pořádané konferenci ke školnímu stravování. Význam obilovin a jejich účinky na lidské zdraví jsme prezentovali i na semináři pořádaném hygienickou službou ve Slapech a rovněž s uvedením některých zdravotních aspektů obilovin budou v říjnu seznámeny nutriční terapeutky na konferenci Dietní stravování 2016. **V rámci Nadace SPV s názvem „Výživa pro zdraví“**, by měly být vysvětlovány i mýty vztahující se k obilovinám, prostřednictvím webových stránek Nadace.



Nově připravovaná publikace SPV s názvem „**Výživa a potraviny pro zdraví**“ bude samozřejmě zahrnovat i kapitoly týkající se obilovin. Informace k obilovinám šíříme i cestou recen-

zovaného časopisu „Výživa a potraviny“, který se svoji přílohou „Zpravodaj pro školní a dietní stravování“ vychází 6x ročně a má poměrně širokou základnu odběratelů.

Celozrnné a speciální pekařské výrobky

(V. Havelková)

Firma Profimix Svijany s.r.o. se zaměřuje na výrobu přípravků a směsí pro mlynáře a pekaře. Svým zákazníkům dodáváme mnoho druhů **přípravků pro pekařskou a cukrářskou výrobu**. Za hlavní prioritu naší společnosti považujeme dodávání kvalitních směsí ze surovin vysoké jakosti, které napomáhají zákazníkům **standardizovat jejich produkci**.

V roce 2016 prošla technologie ve výrobě značnou modernizací. Pořídili jsme nové homogenizátory směsí s externími mikro-dávkovači přídatných látek - enzymů. Zautomatizovali jsme zadávání receptur i dávkování surovin do homogenizátorů, aby byl co nejvíce omezen faktor lidské chyby. Dále jsme zavedli do provozu nové pytlovací zařízení s automatickou kontrolou hmotnosti a v neposlední řadě jsme letos zařadili do linky rentgenový detekční systém (CCP), který ověřuje u všech vyrobených směsí a přípravků nepřítomnost skleněných, kovových či minerálních nečistot způsobujících kontaminaci.

Většina naší výroby je „**šita na míru**“ jednotlivým zákazníkům, kterým se snažíme vždy vycházet vstříc. K tomu nám slouží **laboratorní rozbor** jejich mouk (Mixolab, Alveograf, Extenzograf, Falling number) a současně posuzování technologických možností jednotlivých zákazníků.

Vyvinuli jsme řadu **zlepšujících přípravků do běžného pečiva a chleba**, které pokud možno neob-

sahují přídatné látky („éčka“), jež jsou spotřebiteli často (někdy zbytečně) vnímány negativně, nebo jejich obsah minimalizujeme. Z těchto důvodů ve všech směsích maximálně eliminujeme i používání konzervačních látek a dalších látek, které by mohly při nadměrné konzumaci mít negativní vliv na lidské zdraví.

V tomto roce jsme se zaměřili na – z našeho pohledu silící a perspektivní trend – **celozrnné produkty**. V současnosti máme vyvinuté směsi na celozrnné běžné pečivo (bagety), chleba a jemné pečivo (koláče), které obsahují vyhláškou předepsané množství celozrnné mouky (minimálně 80 %). Přípravky pro jmenované celozrnné výrobky neobsahují přidaná barviva ani žádná „éčka“, u některých s výjimkou E300, což je **kyselina askorbová** – jinak také vitamin C – který se používá velmi běžně jako zlepšující činidlo ovlivňující vlastnosti těsta a který se v průběhu pečení plně rozkládá, takže v hotovém výrobku již obsažen není.

Ve vývoji jsme se zaměřili na dobré zpracovatelské vlastnosti těsta a tradiční kvasovou chuť a vůni výrobků. Tento projekt je unikátní zejména tím, že jsou k přípravě směsí používány **celozrnné pšeničné a žitné mouky**, které jsou mleté speciální technologií (know-how MLÝN PERNER SVIJANY, spol. s r.o.) na jemnější granulaci, než bývá běžné. **Díky tomuto způsobu mletí jsou zdraví prospěšné látky celého zrna** –

vitaminy, minerální látky a samozřejmě vláknina – lépe zpracovatelné a organismem efektivněji využitelné. Do budoucna bychom se rádi zaměřili i na využití a zakomponování dalších celozrnných mouk mletých touto technologií, abychom více využili zdraví prospěšné látky ostatních obilovin.

Dále přinášíme lidem s aktivním životním stylem řadu výrobků, které jsou samotným složením optimálně nastaveny ke konzumaci v určité denní dobu. **„Večerní“ pečivo** (chléb, kreky) mají snížený obsah sacharidů a zvýšené množství bílkovinných složek, aby po cvičení či na noc zajistily pocit sytosti a podpořily růst svalové hmoty. Zároveň rozšiřujeme tento program o **„ranní chlebič“** s vyšším obsahem jednoduchých sacharidů ve formě kousků ovoce, které dodá potřebnou energii do začátku pracovního dne a zároveň bude zdravou alternativou pro milovníky sladkého.



Použití celých zrn a semen v pekárenské výrobě

(D. Havelková)

Obiloviny byly, jsou a budou základním pilířem stravy evropských obyvatel. Dříve es však využívalo pro lidskou výživu více **celozrných mouk a šrotů**. Také se konzumovalo **více druhů obilovin a častá byla kombinace obilovin a luštěnin**. Bílé, světlé mouky bez přítomnosti podobalových a obalových vrstev, nutričně chudší, byly původně určené jen pro bohaté. Později se bílé pečivo zařadilo i do jídelníčku všech vrstev a jeho obliba vzrostla.

Současný životní styl se podstatně liší od stylu, jaký vedli naši předci. Méně se hýbeme, rádi jezdíme autem, konzumujeme energeticky vydatné potraviny a pokrmy bohaté na tuky a cukry, ve stravě nám často chybí potraviny s vyšším obsahem vlákniny, vitaminů a minerálních látek. Procento obézních dospělých i dětí se zvyšuje, stejně jako obliba věnovat se raději počítači nežli sportu. A tak jsme svědky toho, kdy je stále častější, že již děti trpí civilizačními chorobami, které dříve postihovali o jednu či dvě generace starší lidi.

Jak tuto situaci změnit? Jak lidi rozhýbat a přimět je ke změně stravovacích zvyklostí? Zvyk je železná košile... Pojišťovny nabízí podporu různých programů zaměřených na sport a péči o tělesnou schránku, protože si spočítali, že je levnější prevence nežli léčení. Ale jak to provést konkrétně ve stravování? Řešením je nabídka nutričně vyváženého jídla, snadno dostupného, které se bude pravidelně objevovat na stolech konzumentů.

Jednou ze skupin potravin, kterou lidé pravidelně nakupují a konzumují, je **pečivo**. Proto se zde přímo nabízí zacílit na tuto skupinu a nabídnout **kvalitní a atraktivní pekařské výrobky s vysokou senzorickou a nutriční hodnotou**. Povědomí běžných konzumentů o kvalitě a složení pečiva se sice zvyšuje, ale stále se objevují různé bludy a dezinformace. Často stále panuje názor: "čím je tmavší pečivo" tím bude „zdravější“. A tak si zákazník v dobré víře kupuje pečivo vyrobené z bílé (světlé) pšeničné mouky obarvené slady, nebo pečivo posypané semínky v domnění, že činí velice dobře pro své zdraví. Prospěla by větší osvěta a pomoc spotřebiteli, jak se orientovat v nabídce pekařských výrobků a jak si správně vybrat.

Zvýšení výživové hodnoty pekařských produktů můžeme provést různými způsoby. Patří sem např.:

- 1) Zařazení dalších plodin, které jsou zdrojem cenných živin.
- 2) Použití vhodného způsobu zpracování suroviny a další.

1) Zařazení plodin, které jsou zdrojem cenných živin

Nemusíme se omezovat jen na obiloviny. V pekařské výrobě můžeme využít i méně tradiční surovinové zdroje, např. luštěniny, olejiny, pseudoobiloviny, zapomenuté staré odrůdy obilovin, či netradiční suroviny pěstované především v zahraničí. Máme tak možnost reagovat na požadavky trhu a zařadit nové, exotické plodiny nebo využít původní starobylé odrůdy.

Luštěniny jsou výborným zdrojem bílkovin, vlákniny, minerálních látek (draslík, fosfor, vápník, železo, zinek), karotenoidů, vitaminů a rezistentního škrobu. Máme na výběr čočku, hrách, cizrnu, boby, vikev, sóju, a to vše i v různých variétách. Luštěniny však obsahují méně sirných aminokyselin cysteinu, methioninu a tryptofanu. Obsahují též některé antinutriční látky, které ovlivňují chutnost či vstřebávání některých živin. Oblíbenost a konzumace luštěnin v ČR je velmi nízká. Průměrná spotřeba luštěnin v ČR je jen kolem 2,7 kg/os/rok.

Při konzumaci luštěnin a obilovin výrazně zvýšíme **biologickou hodnotu a využitelnost bílkovin**. V české kuchyni bylo v minulosti typické spojení např. hrachu a ječných krup. Dají se kombinovat také luštěniny s olejinami a obilovinami a lze tak připravit velké množství variant a trendy výrobků, které se neomrzí.

Olejiny obsahují vysoké procento zdraví prospěšných mastných kyselin. Jejich nevýhodou je rychlá degradace přítomných lipidů, pokud je zrno poškozeno, či jinak narušeno např. při drcení a mletí. Pak je nutné další ošetření či odtučnění. Běžně používané olejiny v pekařské výrobě jsou len, mák, sezam, slunečnice a mohli bychom zařadit i dýňová semena (dýně sice patří do čeledi tykvovitě, ale dýňová semena mají vysoký obsah polenových mastných kyselin). Přechištěná neupravená semena menších rozměrů se používají hlavně jako dekorativní posypy, méně často se přímo dávají do těsta (v menší míře se setkáme i se semeny konopí, s olivami apod.).

Pseudoobiloviny **pohanka** (čeleď rdesnovité), amarant i quinoa (obě čeledi laskavcovité). Pohanka patřila v minulosti k významným plodinám, v některých regionech byla velmi oblíbená a tvořila součást každodenní stravy obyvatel.

Postupně však její význam klesal. Zájem o pěstování a konzumaci výrobků z pohanky nastal v 90. letech 20. století v souvislosti s jejím uplatněním v ekologických systémech hospodaření.

Dnes prožívají **pseudoobiloviny** svoji renesanci a prosazují se nejen v bezpečkové výrobě. Výrobky s přídavkem pohanky i amarantu mají typickou zvláštní chuť a vůni, která velkou částí populace nemusí být tak pozitivně vnímána, a proto se přidává pohanka a amarant obvykle jen v omezeném množství (do pečiva maximální přídavek 20 % na mouku). Jejich nespornou předností je absence lepku a možnost konzumace i pro ty, kteří z různých důvodů chtějí lepek ze stravy vyloučit. Všechny tři plodiny jsou zdrojem řady výživově prospěšných látek (**zejména flavonoidů a glykosidů**) a v mnoha studiích byl prokázán jejich kladný vliv na zdraví člověka. Mimo vysoký obsah vitaminů a minerálních látek obsahuje **amarant** skvalen, tokotrienoly a fytosteroly, pohanka řadu polyfenolů působící jako antioxidanty a quinoa saponiny, které způsobují hořkost produktu.

K bezpečkovým surovinám patří vedle kukuřice a rýže **čirok**, který je jednou z pěti nejpěstovanějších plodin na světě, a také makrobiotiky oblíbené **jáhly**, což jsou oloupaná semena **prosa setého**.

Oblíb se začala těšit i další méně známá semena: např. **semínka chia** neboli semínka šalvěže hispánské, která jsou bohatá na vlákninu, bílkoviny a polyenové mastné kyseliny (obr. 9). **Rosička** (čeleď lipnicovité) je pěstovaná především v Africe, jako rychle rostoucí plodina, s velmi drobnými semeny, avšak s vysokou biologickou hodnotou. Její výnos je však velice nízký. Výhodou může být však možnost více sklízni v jednom roce. Dalšími méně známými obilovinami jsou slzovka obecná, milička (teff) apod. Jejich

drobná semena nebo z nich vyrobené mouky se používají k obohacování a ke zvýšení výživové hodnoty cereálních výrobků (běžného i jemného pečiva).



Obr. 9: Ciabatta s chia semínky

2) Použití vhodného způsobu zpracování suroviny

Máme tedy na výběr veliké množství výchozích surovin, které můžeme zpracovat mnoha způsoby. Samotná celá zrna a semena jsou zdrojem cenných látek, nutričně hodnotných a žádaných. Potíž však nastává, pokud se zrna začnou zpracovávat a dojde k porušení jejich celistvosti. Začnou reagovat zrychleným dýcháním a obvykle dochází k razantnímu úbytku nutričně výhodných složek, či k jejich znehodnocení, což bývá provázeno i výrazným zhoršením jejich organoleptických vlastností. Možným řešením je stabilizace zpracovávaných semen konzervanty, využití procesů chlazení, odučnění, šetrné tepelné opracování apod. V případě použití konzervantů vnášíme do potravin další složky, které mohou ovlivňovat chuť i vůni konečných výrobků, což u některých konzumentů nebývá pozitivně vnímáno. Pokud budeme suroviny chladit či mrazit nebo tepelně upravovat, dochází ve výrobě navíc k navýšení nákladů.

Obalové vrstvy zrna jsou obvykle tuhé, houževnaté a díky vysokému obsahu minerálních látek

i dalších doprovodných látek vykazují specifickou chuť, která může být pro řadu konzumentů méně přijatelná (zejména pro děti). Přítomnost obalových vrstev ve směsi má většinou negativní vliv na objem a vzhled pečiva (hutnější a méně nadýchané pečivo, tmavěji zbarvená střída apod.).

Řada semen však obsahuje i výživově méně žádanou **antinutriční látku** (kyselina fytová a její soli, inhibitory proteas, taniny apod.). Mohou tvořit nerozpustné komplexy s dalšími látkami, nebo blokují některé trávicí enzymy či jinak zhoršují vstřebávání složek. Např. v obalových vrstvách obilovin a luštěnin je přítomná kyselina fytová, která tvoří s vápníkem, železem, hořčíkem, mědi nebo zinkem nerozpustné komplexy a snižuje tak využitelnost uvedených dvojmocných minerálních látek. Tomuto jevu lze předejít cílenými technologickými postupy např. máčením, klíčením za zvýšené teploty, fermentací apod.

Technologicky nejjednodušší a neefektivnější z hlediska výživy se jeví ponechat semena vcelku, maximálně je šetrně obrousit či oloupat nepoživatelné části osemení a zbavit je tak i jejich povrchových nečistot. **Celá zrna semen** přidávaná do těsta se obvykle nestihnou během míchání a zraní dobře hydratovat a změknot a mohou negativně ovlivnit strukturu těsta. Čím větší velikost semen je používána, tím více se tyto účinky projeví. Zvláště v pšeničném těstě mohou tato velká semena narušovat trojrozměrnou strukturu lepku a ovlivňovat tak objem a vzhled finálního pekařského výrobku. Těmto nevýhodám se můžeme vyhnout při namáčení zrn a semen. Poté již nemůže být daná surovina použita přímo do směsi, a musí se dávkovat zvlášť.

Namáčení obvykle probíhá přes noc, ale i přesto zůstávají některá semena na skus tvrdší a mo-

hou tak ovlivnit atraktivitu výrobku a pocit při jeho konzumaci. Je proto výhodné při máčení **zvýšit teplotu**. Potom se již jedná o **záparu či závařku**. Zvýšená teplota dovoluje zkrátit čas máčecího procesu a eliminuje část nežádoucích antinutričních látek. Zrna i různá semena během těchto procesů změknu a nenaruší tak strukturu lepku při vymíchávání těsta. Navíc dochází k částečnému mazovatění škrobu a jeho lepšímu zpřístupnění trávicím enzymům. Zrna i semena ztrácejí svoji původní chuť a vůni, a tvoří se řada nových, intenzivních aromatických látek. Pokud je přítomna rozpustná vláknina (např. u chia semen), během máčení se výborně hydratuje. Navíc v upečeném výrobku zadržuje objem vody a střída tohoto výrobku zůstává po několik dní vláčná. S novými technologiemi a zvýšenou hygienou lze vyrábět spotřebitelská balení směsí, která vydrží i několik měsíců s prvotřídní jakostí. Jsou okamžitě k dispozici pekařům, bez dlouhého namáčení, se všemi komponentami měkkými na skus.



Obr. 10.: Přidávání zápary do vymíchaného pšeničného těsta

Protože jsou již všechny komponenty **zápary** měkké, stačí, když se přidají až po vymíchání těsta a nenaruší tak strukturu lepku (obr. 10). V tomto případě není ani nutné měnit původní recepturu, což jistě pekaři ocení. Zápary je možné též vyrábět **s přidavkem kvasu**, který se

podílí na vyvážené chuti a vůni finálního pečiva a zároveň pomáhá konzervovat záparu i hoto- vé výrobky díky přirozeně vzniklým organickým kyselinám.

Jako příklad nutričně vyvážené zápary můžeme uvést **směs Ebony**, která je zdařilým mixem sójových bobů, slunečnice a lnu, zalitá přírodním špaldovým kvasem (obr. 11). Neobsahuje žádné přídavné látky a chutná výborně v pšeničném i vícezrnném pečivu i v plundrových výrobcích.



Obr. 11.: Žitnopšeničný chléb Ebony

Zpracováním celých zrn a semen do pekařských výrobků můžeme výrazně ovlivnit jejich nutriční hodnotu. Jednou z možností je použití široké škály zápar, které jsou připravené k okamžitému použití. V kombinaci s pšeničnou moukou lze nabídnout výrobky, které si dnešní zákazník žádá, a to je pečivo s velkým objemem a kyprou střídkou. Zápary dokáží významně prodloužit čerstvost pečiva a zachovat střídu měkkou po dobu několika dní.

Zápary se mohou přidávat v různém poměru a do různých mouk. Obvyklá **dávka zápary** je 20-100 % na mouku. Pokud vezmeme v úvahu horní hranici dávkování 100 % zápary vztaženo na pšeničnou mouku, rozšíříme tak sortiment pekařských výrobků o výrobky s vysokou nutriční hodnotou a netradičními sensorickými vlastnostmi.

Použitá literatura k části Použití celých zrn a semen v pekárenské výrobě:

Dostálová R., Horáček J., Skřivan P., Sluková M. (2016): **OBILOVINY A LUŠTĚNINY**, edice Jak poznáme kvalitu?. Vydavatel: Sdružení českých spotřebitelů, z. u. a Potravinářská komora ČR v rámci priorit České technologické platformy pro potraviny.

Příhoda J., Sluková M., Dřízal J. (2013): **CHLÉB A PEČIVO**, edice Jak poznáme kvalitu?. Vydavatel: Sdružení českých spotřebitelů.

Využití více druhů kvasů v průmyslové pekárenské výrobě

(L. Jirčík)

Prokvašená žitná či pšeničná mouka se pro výrobu chlebového těsta používá od nepaměti. Díky fermentačním procesům umožňuje těstu vykynout a dodává mu charakteristickou chuť, barvu i vůni. V neposlední řadě je tu i zdravotní a dietologické hledisko. Ačkoli je tento postup tradiční a osvědčený, v současném pekárenském průmyslu se využívá **v omezené míře**.

Vlastní kvasy si dnes vyrábí již jen velmi málo pekárén. Zásadním důvodem k takovému vývoji pekařské praxe jsou jak **ekonomické důvody** a snaha obchodních řetězců získat co nejlevnější výrobek, tak důvody technologické.

Hlavním důvodem je nestabilita výroby – nižší výroba chleba než dříve a tudíž časté odstávky, které jsou pro spontánní kvasy a jejich stabilitu velmi nepříznivé. Zároveň ke zjednodušení výrobních procesů vede dnes již trvalý nedostatek všech pracovníků, zejména kvalifikovaných, kteří jsou schopni tento technologicky náročný výrobní proces zvládnout.

Společnost BEAS v pekárně Lično dosud zachovává **tradiční postup** a vyrábí chléb z živého, **třístupňově vedeného žitného kvasu**. Díky vý-

stavbě nového provozu v Choustníkově Hradišti se společnosti otevřely nové možnosti v oblasti průmyslového využití **různých druhů kvasů a pšeničných omládků**.

Pšeničný omládek není spontánním kvasem, ale kvasným stupněm, je vyveden s pomocí pekařského droždí. Je ho možné použít k výrobě běžného pečiva, tedy housek, rohlíků a vek, ale význam má i využití při výrobě jemného pečiva. Použití omládku zvýrazňuje přirozenou chuť a vůni střídky pečiva a nezanedbatelné je i prodloužení vláčnosti pekařského výrobku. Zároveň umožňuje i vyloučení či snížení přídatku přídatných látek (tzv. zlepšujících látek) na minimum.

Chloubou nové pekárny je **moderní kvasná technologie**, ve které probíhají fermentační procesy, a zraje kvas. Celý tento proces probíhá plně automaticky, vše je řízeno počítači a o všem jsou trvale vedeny a uchovávány záznamy díky instalované vizualizační výrobní linky.

Ve velkých nerezových tancích probíhá **výroba a zrání žitných kvasů, pšeničných kvasů a pšeničného omládku**. Vlastní výroba kvasů začíná

v matečných fermentorech, kdy po přečerpání do produkčních fermentorů kvasy zrají řádově desítky hodin, než nastane vhodná doba k jejich použití. Výsledný vyzrálý kvas je použitelný po dobu několika dnů. Tato trvanlivost je dána použitím kvasné biokultury obsahující bakterie mléčného kvašení, která vede k produktům s vyšší kyselostí a stabilitou, než v případě použití droždí jako startéru, kde je doba použitelnosti kvasného stupně podstatně kratší. Dávkování všech surovin do matečných i produkčních fermentorů probíhá plně automaticky. Při fermentování kvasu je důležitá také teplota, kterou je nutné po celou dobu udržovat v předem určených a nastavených hodnotách. Při kvasném procesu vzniká teplo, pro uchování kvasů je však nutné hmotu chladit, aby vydržela k použití. Technologii výroby kvasů doplňuje zařízení **na výrobu vařených zápar**, spolu s chlazenými zásobníky na uchování uvařených zápar. Tyto vařené zápary je možné využít k výrobě vícezrného a celozrného chleba a pečiva. Z technologického hlediska jde o jedinečnou možnost použití a kombinaci nepřeborného množství variant fermentovaných produktů, včetně výroby vícekvasových chlebů. Navíc je takto možné dostat určitý objem prokvašené mouky i do pšeničných výrobků, na rozdíl od jinak převažující výroby „na záraz“. Také proces dávkování kvasů, omladků, zápar ale i všech ostatních surovin probíhá plně automaticky.

Návratu k tradiční výrobě výrazně napomáhá i **originální hnětací centrum**. Devět díž je v systému lineárně řazeno za sebou s jedním hnětacím strojem. Po vyhnětení těsta se díž dle předem nastaveného programu přemístí a zaparkuje na určené místo mimo prostor hnětače. Takto těsto před dalším zpracováním dle potřeby zraje, poté díž přejezdí k dalšímu zpracování. Díky tomuto systému více díží se podařilo vrátit k tradiční pekařské technologii, kdy se těsto po zadělání

nejdříve nechávalo v díži uzrát a teprve po patřičné době se s ním dále pracovalo i s možností následného znovu přetučení. Delší čas zrání těsta v díži umožňuje výrazným způsobem omezit, nebo alespoň snížit potřebu přísadky přidatých látek, které proces zrání těsta urychlují.

Delší doba zrání zároveň umožňuje lepší **rozvoj tradičních vůní a chutí pekařského výrobku**. Po zpracování těsta a vyknutí je chléb a pečivo upečen v moderních termoolejových pecích, ve kterých cirkuluje horký olej z obrovského zásobníku ohřátého plynem. Pece tak nemají vlastní aktivní hořáky. Vlastní pece díky tomu vydávají rovnoměrně sálavé teplo a jsou mnohem méně hlučné, nežli pece osazené vlastními hořáky. Toto kromě vynikajících pekařských vlastností navíc vytváří příznivější pracovní prostředí pro zaměstnance ve výrobní hale pekárny. Celý výrobní proces mohou řídicí pracovníci sledovat a kontrolovat na jednom monitoru a to i přes internetové připojení z kteréhokoli koutu světa.

To že je cesta kombinací kvasů v jednom pekařském výrobku krok správným směrem dokazují hned první ocenění. **Chléb Hradišťan** z nové pekárny získal již v roce 2015 titul „**Chléb vynikající kvality**“ na celorepublikové soutěži Dny chleba, tradičně konané v Pardubicích. V letošním roce svůj úspěch zopakoval a potvrdil tím vysokou kvalitu oceněnou i odbornou porotou.

Dalším uznáním výjimečné kvality vícekvasového chleba z pekárny Choustníkovo Hradiště je ocenění za **Nejlepší inovativní potravinářský výrobek ČR roku 2016** udělované každoročně prezidentem Potravinářské komory ČR.

Použitá literatura je dostupná u autorů jednotlivých příspěvků.

Autorská pracoviště:

Agrotest fyto, s.r.o., Kroměříž

BEAS a.s., pekárna Lično

Česká zemědělská univerzita Praha

Potravinářská komora České republiky

Profimix s.r.o., Příšovice

Společnost pro výživu

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

Výzkumný ústav potravinářský Praha, v.v.i.

Zeelandia, spol. s r.o., Malšice





OBILOVINY v lidské výživě 2016

Moderní trendy v mlýnské a pekárenské výrobě

Potravinářská komora České republiky
Česká technologická platforma pro potraviny

Praha 2016
1. vydání

ISBN 978-80-88019-16-9