

# OBILOVINY v lidské výživě

Stručné shrnutí poznatků se zvýšeným  
zaměřením na problematiku lepku

Publikace České technologické platformy pro potraviny

Ing. Dana **Gabrovská**, Ph.D (PK ČR)

Ing. Ilona **Hálová** (ČZU Praha)

Mgr. Ing. Diana **Chrprová** (VOŠZ a SZŠ Praha)

Ing. Jarmila **Ouhrabková** (VÚPP)

Ing. Marcela **Sluková**, Ph.D (VŠCHT Praha)

Ing. Slavomíra **Vavreinová**, CSc. (VÚPP)

Ing. Oldřich **Faměra**, CSc. (ČZU Praha)

Doc. MUDr. Pavel **Kohout**, Ph.D (FTN Praha)

Doc. Ing. Jan **Pánek**, CSc. (VŠCHT Praha)

Ing. Pavel **Skřivan**, CSc. (VŠCHT Praha)



# OBILOVINY v lidské výživě 2015

Stručné shrnutí poznatků se zvýšeným zaměřením  
na problematiku lepku

Potravinářská komora České republiky  
Česká technologická platforma pro potraviny










Praha 2015  
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 Výborem pro zdravotní a sociální politiku PK ČR a za finanční podpory Ministerstva zemědělství ČR (dotační titul 10.E.a/2015).

**ISBN 978-80-88019-07-7**



# Obsah

3		<b>OBSAH</b>
7		<b>ÚVOD</b>
		<b>TEORETICKÁ ČÁST</b>
10		Pěstování a zpracování chlebových obilovin
17		Nutričně významné složky obilovin
28		Obiloviny jako základní složka lidské výživy - shrnutí
30		Zdravotní rizika spojená s obilovinami
40		<b>POUŽITÁ LITERATURA</b>
44		Příloha 1: Bezlepkové suroviny v pečárenských výrobcích
50		Příloha 2: Legislativa

**P. Skřivan**

**I. Hálová, O. Faměra  
M. Sluková**

**J. Pánek**

**P. Kohout  
D. Chrpová  
D. Gabrovská**

**S. Vavreinová, J. Ouhrabková**

*Úvod;*

*Stručný nástin technologie zpracování obilovin*

*Stručně o historii pěstování pšenice a žita*

*Sacharidy obilovin;*

*Vláknina, její složky a látky doprovázející vlákninu v obilovinách*

*Proteiny;*

*Zdravotní rizika spojená s obilovinami*

*Přehled chorob vyvolaných působením lepku*

*Výživová doporučení při nesnášenlivosti lepku*

*Oves ve vztahu k celiakii;*

*Legislativa*

*Bezlepkové suroviny v pečárenských výrobcích*





Nacházíme se v době, kdy zdraví, zdravý životní styl a výživa doslova hýbou celou společností a staly se nedílnou součástí našeho života. S tím souvisí rostoucí zájem o význam mnohých, i zcela tradičních, potravin v lidské výživě. Díky moderním médiím a sociálním sítím se informace o jejich příznivých či negativních dopadech na lidské zdraví a o možných rizicích stávají tématem veřejných diskusí.

Obiloviny, z historického pohledu jako jedna ze základních a donedávna prakticky nezpochybnitelných součástí našeho jídelníčku, nezůstaly stranou tohoto zájmu a i ony se staly v posledních letech předmětem rozsáhlých debat. Často jsou tyto diskuse nezasvěcené, nezřídka jsou vedeny zcela iracionálně, bez zohlednění faktů vycházejících ze současného vědeckého poznání.

Vzhledem k tomu, jak obrovský význam obiloviny, zejména chlebové (u nás pšenice a žito) zaujímají a vzhledem k tomu, že pro určitou část populace mohou skutečně představovat zdravotní riziko, zatímco pro její většinu naopak přínos, je namístě vést debatu o nich co možná nejzasvěceněji. Kolektiv autorů této publikace se o to pokusil a je dobře, že se v něm spolu s odborníky z řady různých oborů uplatnili také pracovníci naší vysoké školy.

**prof. Ing. Karel Melzoch, CSc.**

rektor Vysoké školy chemicko-technologické v Praze



# Úvod

Obiloviny jsou již po několik tisíc let, od doby neolitických zemědělských revolucí v různých částech světa, základní složkou lidské výživy. V oblasti Středozevního moře, posléze prakticky v celé Evropě, severní Africe a na Blízkém východě, a po příchodu Evropanů v Severní Americe a Austrálii se základní potravinářskou obilovinou stala pšenice. A pšenice si svou cestu razí i do původně netradičních oblastí, nejen do Jižní Ameriky, ale stále více také do Asie. Dnes ji jako základní obilovinu konzumuje zhruba třicet procent veškeré lidské populace. Světová produkce i spotřeba pšenice stále vzrůstá a v posledních letech již překonala 700 miliónů tun ročně. Pšenice se díky schopnosti tvořit po vyhnětení těsta specifickou gelovitou strukturu vyznačující se charakteristickou pružností i tažností ostatním obilovinám využívaným v potravinářství vymyká. Vytvořit vláčné pečivo s křupavou kůrkou a typickou strukturou střídy je možné pouze z pšeničné mouky. Pouze pšeničná mouka je vhodnou surovinou pro výrobu baget, croissantů, typického středomořského chleba, pravých těstovin, pizzy ale také například kuskusu nebo bulguru. Tato schopnost spočívá ve složení a struktuře proteinů pšeničného endospermu – gliadinu a gluteninu. Právě tyto proteinové frakce, jejich vliv na lidské zdraví, se však staly v posledních letech předmětem zčásti racionální a zčásti zcela iracionální diskuse v laické i odborné veřejnosti. Jejich dnes již vžitý souhrnný název je lepek (gluten).

V Evropě se vedle pšenice tradičně zpracovávají i další obiloviny, v severovýchodní a střední Evropě je to žito, ale také oves, ječmen (jehož potravinářský význam spočívá především ve sladařství a pivovarnictví, ale který se používá i v mlýnském a pekárenském průmyslu). V obou Amerikách je tradičně významnou obilovinou kukuřice, v Asii rýže a v některých dalších oblastech světa také proso a čirok. Z těchto obilovin jsou to žito a ječmen a zčásti také oves, které obsahují v endospermu velmi podobné bílkovinné struktury jako pšenice, proto se i u nich hovoří o přítomnosti lepku. Jakkoli jsou tyto struktury podobné, ani žito ani ječmen nejsou schopny vytvořit těsto svou texturou podobné těstu pšeničnému. Přesto však je například tradiční střeoevropský chléb založený na spontánním žitném kvasu a směsi žitné a pšeničné mouky velmi ceněný a stále velice oblíbený a získal si obdiv a respekt i u návštěvníků našeho regionu, kteří žito často vůbec neznají.

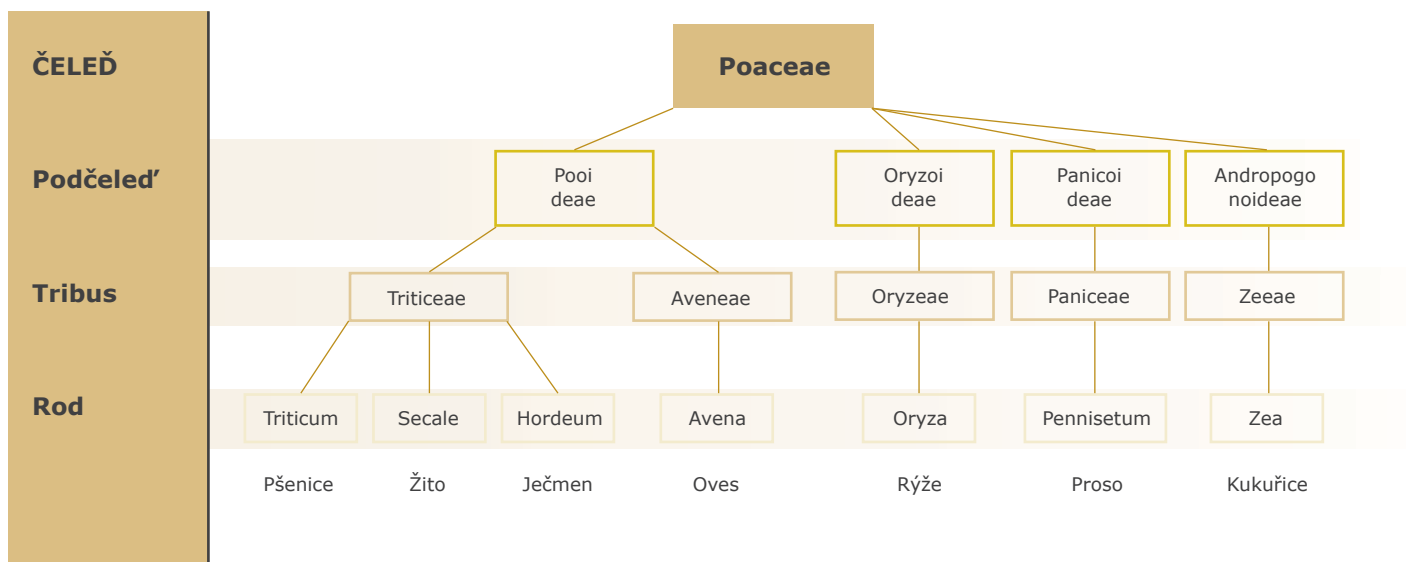
Samotná pšenice, ale zejména také žito, ječmen a oves jsou pro člověka nejen zdrojem dostupné snadno využitelné energie ve formě směsi poly- a oligosacharidů, které při resorpci nezvyšují glykémii tak rychle jako jednoduché cukry, ale jsou zdrojem celé řady dalších nutričně velmi významných látek. Největší význam se dnes přikládá některým frakcím vlákniny ( $\beta$ -glukany, arabinoxylany, které jsou předmětem několika zdravotních tvrzení EFSA). Jsou také významným zdrojem některých vitaminů (zejména skupiny B), minerálních látek a podobně. Chléb byl donedávna v našem kulturním okruhu, jak v Evropě, Americe a Austrálii, na Novém Zélandu, tak samozřejmě na Blízkém východě, ve všech svých podobách vysoce ceněn jako základní složka potravy, jako synonymum pro potravu vůbec a byla mu prokazována veliká

úcta. Příprava kvasu, těsta a pečení chleba bylo nejen technologickým procesem, ale také rituálem. Dnes v naší vyspělé a bohaté části světa chléb svůj původní význam ztratil a stal se jednou z položek nesmírně široké nabídky potravin všeho druhu. Je zbytečnou otázkou, jestli je to dobře, protože je to fakt. I přesto se u nezanedbatelné části lidí stále těší přízni a například domácí pečení chleba se stalo zajímavým a příjemným koníčkem. A co je také nejspíše nesporný fakt, pokud by z jakéhokoli důvodu došlo k zásadnímu narušení našeho ekonomického systému a blahobytu, bude to chléb, který vystoupí opět ze stínu.

Důvod proč vznikla tato studie – řešerše o obilovinách a jejich významu v lidské výživě je to, že obiloviny nejen ustoupily do pozadí, ale v USA a nyní i v Evropě v části populace přestávají těšit přízni, čemuž přispívá poměrně masivní mediální kampaň a mnohé (dez)informace na sociálních sítích. Pšenice i další obiloviny se staly předmětem útoku, který našel i své označení „battle against wheat“ (boj proti pšenici). Jeho základem, a dlužno říci, že racionálním, jsou choroby a zdravotní obtíže, které proteiny endospermu některých obilovin (pšenice, žito, ječmen a zčásti i oves) označované jako lepek skutečně způsobují.

Protože tyto choroby a narůstající výskyt některých z nich bereme velmi vážně, rozhodli jsme se zpracovat tuto přehlednou práci, shrnout poznatky zemědělců, potravinářských technologů, chemiků, lékařů a nutričních specialistů, abychom položili na pomyslný stůl základní známá fakta o této problematice. *Abychom specifikovali problémy, které některé obiloviny části populace mohou způsobovat, abychom těmto lidem nabídli vhodné alternativy a také abychom všechny ostatní, kteří tvoří drtivou většinu populace, ujistili, že vyloučení pšenice a dalších obilovin jim nejenže nepřinese jakýkoli zdravotní benefit, ale v mnoha ohledech je i ochudí.*

### Taxonomie obilovin









# Pěstování a zpracování chlebových obilovin

## Pšenice

Pšenice, jak bylo řečeno v úvodu, patří k nejdůležitějším světovým plodinám. Spolu s rýží je nejvýznamnější surovinou pro výrobu základních potravin. Pro více než třetinu lidské populace tvoří základ stravy. Další nezastupitelné místo má pšenice jako složka krmných dávek hospodářských zvířat a tím se také druhotně podílí na výživě lidí. Světová produkce pšenice má stálou vzestupnou tendenci v souvislosti s rostoucí spotřebou populace (v posledních dvou letech světová produkce překročila 700 miliónů tun). Odhady potřebného nárůstu produkce pšenice, pokud bychom extrapolovali dnešní trendy, však činí až o 70% dnešního objemu po roce 2050. To je ovšem z mnoha důvodů v tuto chvíli těžko představitelné.

Do budoucna lze totiž očekávat omezující limity produkce dané genetickými vlivy, přírodními a společensko-politickými podmínkami. Jedním z obrovských nebezpečí, kterým začínáme čelit, je nedostatek kvalitní orné půdy, respektive její úbytek v tradičních pěstebních lokalitách (Evropa, americký Středozápad apod.) Na zabezpečení dostatečné produkce pšenice se ve světě významně podílejí různá výzkumná pracoviště zaměřená na genetiku, šlechtění a pěstitelské systémy. K dalšímu růstu produktivity porostů pšenice i ovlivnění vlastností zrna má přispět přečtení genomu pšenice, na kterém pracuje Mezinárodní konsorcium pro sekvenování genomu pšenice seté (International Wheat Genome Sequencing Consortium). Na tomto výzkumu se podílí i Olomoucká laboratoř molekulární cytogenetiky a cytometrie, která je součástí Ústavu experimentální botaniky AV ČR, v. v. i. Genom pšenice seté (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum* L.) je tvořen 17 miliardami párů bází DNA. To je pětkrát více než u člověka a rozsahem jde o dosud největší sekvenační projekt vůbec. V roce 2014 se výzkumnému týmu podařilo

sestavit genetický plán pšenice. Jde o další krok ke konečnému přečtení rozsáhlého genomu pšenice.

Historický vývoj lidské společnosti je výrazně spjatý s úrovní schopností lokálních společností využívat jednotlivé druhy rostlin ke své obživě. Záměrné pěstování plodin a rozvoj usedlého zemědělského života umožnily zvýšení produkce potravin se všemi souvislostmi z toho vyplývajícími – způsobem pěstování plodin, dělbou práce, organizací společností, majetkovou a sociální diferenciací atd.

Oblast výskytu a vývoje druhových předchůdců dnešní pšenice seté (*Triticum aestivum* L.) je území tzv. „Úrodného půlměsíce“. Z dnešního geopolitického pohledu se jedná o oblast Předního východu táhnoucí se od Izraele, Libanonu přes Sýrii a jihovýchodní Turecko do Iráku až ke břehům Perského zálivu. Archeologické nálezy z doby před více než 8 tisíci lety dokládají velmi časně pěstování druhů rodu pšenice – pšenice jednozrnky (*Triticum monococcum* L.) a pšenice dvouzrnky (*T. dicoccum* Schrank.). Asi před 6 tisíci lety se pěstují i další druhy pšenice – pšenice setá (*T. aestivum* L.) a pšenice špalda (*T. spelta* L.). Pěstitelsko-hospodářskými vlastnostmi se do současné doby nejvíce prosadila pšenice setá, která zaujímá asi 80 – 90% osevní plochy rodu pšenice ve světě.

Genetická historie vzniku pšenice seté je mnohem starší. Podle jedné z teorií se asi před půl milionem let zkřížila diploidní planá tráva *Triticum urartu*, která měla genom AA ve dvou sadách po sedmi chromozomech, s příbuzným diploidním druhem trávy, jež měl genom BB také ve dvou sadách po sedmi chromozomech. Ta se asi podobala dnešnímu druhu plané trávy *Aegilops speltoides* Tausch. Diploidní kříženec obou druhů měl genom AB

a 14 chromozomů a byl neplodný. Když se však všechny chromozomy křížence zdvojily, vznikla planá tetraploidní pšenice *T. turgidum* L. s genomem AABB a čtyřmi sadami po sedmi chromozomech, která byla plodná. Z ní se vyvinula – a na tom se zřejmě cíleným výběrem podílel člověk – kulturní pšenice tvrdá (*T. durum* Desf.), ze které se například vyrábějí dnes klasické těstoviny nebo kuskus. Teprve asi před deseti tisíci lety se tetraploidní *T. turgidum* (AABB) zkrížila s třetím diploidním druhem trávy: *Aegilops tauschii* s genomem DD, opět neplodným. Teprve po zdvojení všech tří sádek chromozomů vznikla planá hexaploidní pšenice s genomem AABBDD v šesti sadách chromozomů po sedmi [ $(3 \times 7) \times 2 = 42$  chromozomů]. Přesněji jde o allohexaploidní druh, přičemž předpona „allo“ vyjadřuje odlišnost rodičovských genomů. Tohoto křížence si člověk zřejmě všiml, selektoval jej a přispěl ke vzniku pšenice seté (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum* L.). Je zajímavé, že nebyla nalezena planá forma hexaploidní pšenice a zdá se, že k rozšíření pšenice by bez přispění člověka nedošlo.

Po dlouhá tisíciletí byly jakékoliv hospodářsky využitelné změny rostlin, porostů a vlastností zrna pšenice jen velmi malé a pomalé. Produktivita porostů se zvyšovala spíše změnou ve způsobu hospodaření na půdě než vlivem genetických vlastností rostlin. Pšenice, tak jako ostatní plodiny, se pěstovala jako geneticky rozmanité populace. Část úrody se nechala na setí na podzim nebo na jaře (tzv. přesívkové typy). Uzemní šíření „množitelského“ materiálu bylo velmi omezené. Takto se více méně intuitivně postupně diferencovaly místní genetické populace s určitými blízkými vlastnostmi. V období 19. století jsou takové materiály označované místními názvy a z dnešního pohledu je obecně nazýváme krajovými odrůdami. Jejich nenáročnost odpovídala tehdejšímu systému pěstování – trojpolnímu (trojhonnému) hospodářství, při kterém se úrodnost půdy nijak nezvyšovala vnějšími vklady.

Tyto extenzivní odrůdy velice silně odnožovaly a tvořily velké množství nadzemní biomasy. Velká výška rostlin způsobovala silnou náchylnost k poléhání. Nízká produktivita klasu souvisela s nižším počtem klásků a nižším počtem plodných kvítků. Poměr výnosu zrna ke slámě se pohyboval 1:2 až 2,5.

Ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby, v.v.i. v Praze Ruzyni byly zkoušeny dva soubory krajových a starých odrůd pšenice spolu s moderními odrůdami v tříletých polních pokusech. Staré odrůdy se vyznačovaly nižší produktivitou v důsledku nižší hmotnosti zrna na klas (nízký počet zrn v klásku) při srovnatelných hodnotách HTS (hmotnost tisíce semen). Staré odrůdy měly vyšší obsah hrubého proteinu, zejména krajové odrůdy Bergland, Ukrajinka, Sippbachzeller, Innichen Nr.25001 a Barbu du Finistere. Výnos byl o 51 % nižší než u současných kontrolních odrůd pšenice. Mezi starými odrůdami byly nalezeny významné donory zimovzdornosti a tolerance k suchu.

To, co se občas také stává tématem některých populárních článků útočících proti pšenici, totiž že dnešní odrůdy jsou významně bohatší na obsah lepku než odrůdy dřívější, se nezakládá na pravdě. U pšenice seté se díky agrotechnickým postupům i vlivem klimatických změn zvýšil průměrný obsah proteinů v posledních desetiletích o 1,5 – 2 %.

### **Žito**

Žito seté *Secale cereale* je relativně mladou kulturní plodinou, zřejmě mladší než kulturní pšenice a ječmeny. Je podstatně odolnější než pšenice. Pěstuje se převážně ve vyšších polohách, v tzv. bramborářsko – obilných oblastech, přičemž, jak se zpravidla uvádí, dosahuje žito v takových podmínkách průměrných výnosů 3,7 t/ha. Ve vysloveně horských oblastech jsou výnosy nižší a je nutné vyšší hnojení a chemické ošetření. Je zde také větší nebezpečí plísňe sněžné a za nepříznivých podmínek v době sklizně dochází zde snáze k porůstání. Nicméně přesto je právě do těchto oblastí žito nejvhodnější obilovinou. Je to dáno tím, že ozimé žito se vyznačuje vysokou mrazuvzdorností a charakterem ozimosti (délka jarovizace přes 50 dní). Z agronomického hlediska se u žita obecně cení tolerantnost k horším ekologickým podmínkám a snášenlivost ke kyselým půdám. Rovněž suchovzdornost je významnou vlastností žita, kdy i při malých srážkách v období měsíců května a června může žito přinést na písčitých půdách vyšší výnosy než pšenice. V České republice se žito pěstuje především v jižních, východních a západních Čechách, zejména v jejich podhorských oblastech.

Žito pochází pravděpodobně z oblastí střední Asie, ze Zakavkazska možná až z oblastí Tibetu a Pamíru. Je pravděpodobné, že rostlo jako plevel v pšeničných porostech a při setí pšenice ve vyšších polohách jako odolnější plodina v porostech postupně převládlo, až se vyskytovalo v téměř čisté kultuře. Takovým vývojem vedeným přirozeným výběrem pak mohlo být dosaženo nejen zkrácení vegetační doby, ale také jedinečných vlastností, kterými se tato obilovina vyznačuje. Žito tak dosáhlo jak ozimého charakteru, tak i vyšší odolnosti vůči mrazu a vůči obecně horším pěstitelským podmínkám, větší mohutnosti kořenového systému a celkově vyšší konkurenční schopnosti v porostu proti ostatním druhům. Tak se mohlo rozšířit do chladnějších a méně úrodných oblastí a vyšších poloh, které byly zemědělsky využívány v mladších dějinách lidské civilizace.

Do Evropy žito přinesli Slované, od nichž jeho pěstování převzali Germáni. Díky svým vlastnostem, které, jak bylo řečeno, mají svůj základ v dřevních dobách na úbočích středoasijských pohoří, žito rychle opanovalo severovýchodní a střední Evropu a stalo se jednou ze základních kulturních plodin a základní obilovinou v oblasti na sever od Alp až po Skandinávii a na východ do ruských stepí. V Čechách bylo žito hlavní chlebovou obilovinou až do poloviny 20. století.

Jak již bylo řečeno v úvodu, v posledních dvaceti letech nastal všeobecný pokles produkce žita. Celosvětová produkce, z níž drtivá většina pochází ze zemí střední a východní Evropy klesla na polovinu (z 30 mil. tun v roce 1990 na dnešních zhruba 15 mil. tun). V českých zemích a na Slovensku klesla jen za posledních třicet let produkce na třetinu (z 580 tis. tun v roce 1980 na necelých 200 tis. tun v současné době).

## STRUČNÝ NÁSTIN TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ OBILOVIN

### Mlýnská technologie

Mlýnská technologie se postupně vyvinula z původně velmi jednoduchého ručního drčení zrn divokých a posléze kulturních rostlin, zejména travin. V této své prapůvodní podobě zárodky mlynářství lidstvo provázely od samotných počátků jeho dějin a v některých oblastech

světa je nalezneme prakticky v nezměněné podobě dodnes. I v paleolitu se lidé živilí takovými semeny – předchůdci dnešních obilovin.

Podstatou těchto prastarých postupů je rozmělnění celých semen. Tím vzniká sypká hmota, která se snáze než celá semena mísí s vodou za vzniku kaší a těst, protože následkem rozdrčení výrazně vzroste specifický povrch původní suroviny a obnaží se její vnitřní struktury, které umožňují podstatně rychlejší a intenzivnější nasátí (sorpci) vody a zbobtnání. Navíc se tím otevírá cesta pro kvasné procesy.

V principu jsou si zrna obilovin poměrně velmi podobná. Sestávají z obalových vrstev, klíčku, ale většinu jejich hmoty tvoří endosperm „vnitřní bílek“ neboli moučné jádro. Jednotlivé základní části zrna mají složení odpovídající jejich přirozenému určení – obal, který má zárodek nové rostliny chránit, je tvořen houževnatými neškrobovými polysacharidy a obsahuje též minerální látky. Endosperm, zásobárna potravy pro klíčící rostlinu, je tvořen především škrobem a proteiny. Z hlediska lidské výživy je nejvýznamnější právě endosperm, který tvoří 80 – 90 % hmotnosti zrna a je zdrojem škrobu (cca 80 %) a bílkovin (15 %), byť tyto bílkoviny nejsou z hlediska obsahu esenciálních aminokyselin plnohodnotné. Obalové vrstvy jsou nestrávitelné, ale jsou významným zdrojem vlákniny.

Obiloviny tradičně sloužily, a stále slouží, především jako zdroj energie a částečně k pokrytí potřeby bílkovin. Proto se začala projevovat snaha obalové vrstvy a klíček odstranit a získat moučné jádro, endosperm, v co možná nejčistší podobě.

Mezi obilovinami zaujímá díky svým mlynářským vlastnostem jedinečné postavení pšenice. Zaprvé je její endosperm dostatečně křehký a vhodný pro zpracování do podoby krupic a mouk, zadruhé lze z pšeničných zrn poměrně snadno odstranit klíček i obalové vrstvy a získat tak endosperm velmi čistý (bílá mouka) a zatřetí, jak již bylo řečeno, pouze pšenice obsahuje v endospermu proteiny, které jsou schopny tvořit specifický pružný a tažný gel - lepek. Třetí jedinečná vlastnost pšenice – tvorba lepku – má svůj obrovský význam v pekárenství. Lepek, gel vzniklý při hnětení pšeničné mouky s vodou, je kostrou pšenič-



ných těst a základem typické struktury pšeničného pečiva.

Nejbližším příbuzným pšenice je žito, druhá nejvýznamnější chlebová obilovina ve střední, severní a východní Evropě. Přesto se žito od pšenice liší. Oddělit obalové vrstvy od moučného jádra u žita tak efektivně jako u pšenice nelze a proteiny žitného endospermu lepek v pravém slova smyslu netvoří. Proto je žitná mouka vždy tmavší a struktura střídavy žitného pečiva odlišná od pšeničného.

Zatímco po dlouhá tisíciletí bylo snahou předchůdců současných mlynářů zrno pouze rozdrtit, v posledních staletích se postupně vyvíjely procesy vedoucí k co nejúčinnějšímu oddělení jeho jednotlivých anatomických částí.

Smyslem moderní mlýnské technologie je tedy vytěžit ze zrna maximální množství produktů čistého endospermu, tj. světlých mouk a krupic v požadované granulační struktuře. Základními prvky mlýnské technologické operace jsou tak dvě ústřední operace, a to drcení (dezintegrace) a třídění (separace). Aby se dosáhlo v maximální míře naplnění jeho účelu, opakují se tyto operace v řadě po sobě následujících cyklů – mlýnských chodů (pasáží), přičemž každá jednotlivá pasáž zahrnuje jednu drticí a jednu třídící operaci.

Drcení materiálu probíhá na válcových stolcích mezi dvěma horizontálně uloženými protiběžnými ocelovými válci. Takové válcové stolice začaly koncem devatenáctého století nahrazovat dříve používaná vertikální kamenná složení

(mlýnské kameny). Způsoby drcení jsou pak v jednotlivých dvojicích válců (složeních) dány několika parametry – poměrem rychlosti otáčení (předstihem), přitlakem válců a jejich povrchovou úpravou – válce jsou na povrchu různým způsobem rýhovány, přičemž rýhy jsou vedeny různě hluboko, s různým sklonem a postavením ostří na hranách rýh. Na některých chodech jsou umístěny válce hladké. Tyto parametry pak velmi zásadně ovlivňují charakter sil, které na částice drceného materiálu působí na jednotlivých mlecích chodech. Na první dvojici válců odpovídající prvnímu mlecímu chodu je vedeno celé zrno. Tento chod se nazývá první šrot (1S). Mlecích chodů je v pšeničném mlýně zpravidla více než deset, v našich českých mlýnech většinou mezi patnácti až dvaceti. Produktem drcení je heterogenní směs částic, která se třídí a jednotlivé frakce jsou pak vedeny k dalšímu drcení na následujících chodech anebo přímo do výsledných produktů (mouk a krupic, klíčků a otrub).

Třídění meliva se provádí na dvou základních strojích – rovinných vysévačích a čističkách krupic (reformách). Princip třídění na sítích rovinného vysévače je prosev na základě velikosti částic na jednotlivých vertikálně řazených sítích. Na reformách se prosev kombinuje s tříděním na základě aerodynamických vlastností jednotlivých částic, čímž se dosahuje separace částic kulovitých a plochých. Celý proces ve mlýně doplňují některé další stroje, které slouží k oddělování zbytků endospermu z otrub.

Standardní mlýnská jednotka zahrnuje kromě vlastního mlýna ještě tři základní celky, a to sklad suroviny – obilné silo, které by mělo umožňovat uskladnění dostatečného množství obilí odděleně podle jakostních parametrů, dále míchárenu a sklad produktů jak jedlých (mouk a krupic), tak krmných (krmných mouk a otrub). Samotnému vlastnímu mlýnu je předřazena velmi důležitá technologická

jednotka, která zásadním způsobem ovlivňuje následný mlecí proces respektive hlavně jeho účinnost, která bývá tradičně nepřesně označena jako čistírna obilí. V mlýnské čistírně dochází nejen ke skutečnému čištění a povrchovému opracování zrn, ale také k přípravě zrna k mletí v kombinovaném procesu nakropení a odležení zrna.

Jak již bylo řečeno, jakkoli jsou jednotlivé stroje totožné nebo velmi podobné, technologické schéma pšeničného a žitného mlýna se liší. V principu je pšeničný mlýn složitější.

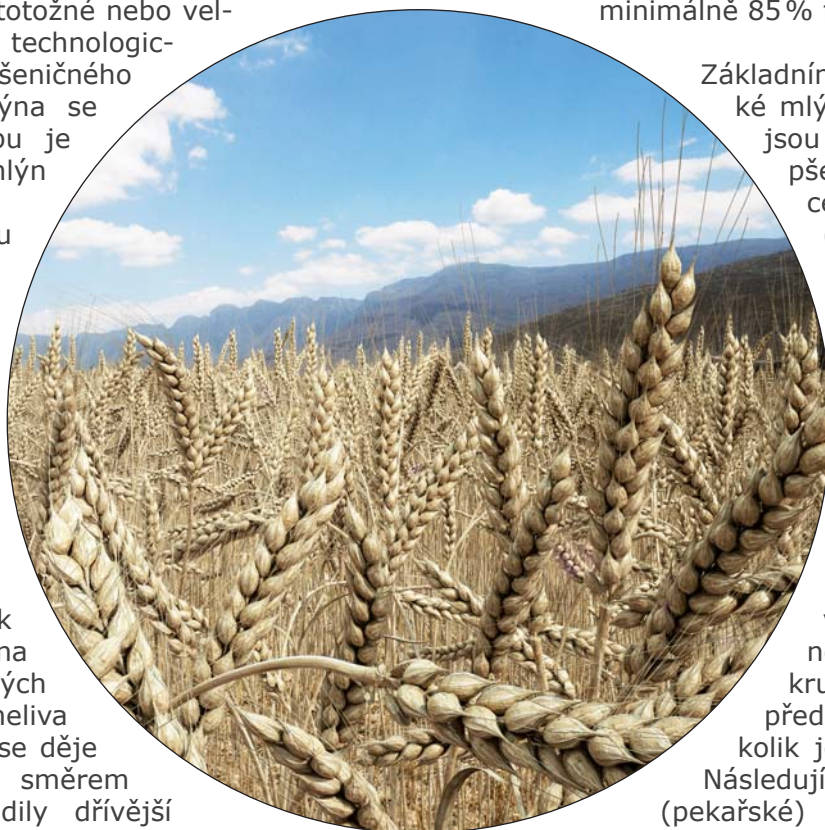
Obecně jsou ale jak pšeničné, tak žitné mlýny v dnešní době konstruovány principiálně stejně. Jedná se o vertikální uspořádání jak čistírny, tak vlastního mlýna do jednotlivých pater. Pohyb meliva směrem dolů se děje samospádem, směrem vzhůru nahradily dřívější mechanickou dopravu pomocí elevátorů systémy pneumatické dopravy.

Obilný mlýn je z obecného úhlu pohledu rafinerie založená na fyzikálních procesech vytěžení žádoucích produktů – jedlých výrobků (mouk a krupic). Jedná se o kontinuální proces charakterizovaný, jako v každé jiné rafinerii, mohutným průtokem materiálu s důrazem na maximální výtěžnost žádoucích produktů.

Kapacita mlýnských jednotek se v Evropě pohybuje od několika desítek tun po více než tisíc tun zpracovaného obilí za 24 hodin. Obecně platí, že čím větší mlýn, tím vyšší náklady na dopravu jak obilí, tak mlýnských produktů. Proto velké mlýny s výkonem kolem 500 tun

za den využívají také železniční a říční lodní dopravu a ty největší o kapacitě 1000 tun a více se stavějí zejména v přístavech.

V České republice jsou v současné době v provozu menší a střední průmyslové mlýny o kapacitách převážně 100-300 tun za den. Celkový počet mlýnů u nás je necelých padesát, celkové množství zpracovaného chlebového obilí za rok je asi 1.200.000 tun, z čehož minimálně 85% tvoří pšenice.



Základními produkty české mlýnské technologie jsou při zpracování pšenice hrubá krupice, jemná krupice (známá zejména ve své dehydrované formě jako krupička) a krupičné mouky (hrubá a polohrubá), tyto produkty jsou velmi světlé a mlýny jich produkují zhruba 15-30% vztaheno k hmotnosti zrna, z toho krupice a krupičky představují pouze několik jednotek procent. Následují hladké mouky (pekařské) – světlá, polosvětlá a tmavá – chlebová.

Základní jedlé žitné produkty jsou převážně pouze tři: žitná mouka světlá (výražková), žitná mouka chlebová a žitná mouka tmavá nebo žitná trhaná. Výražkových mouk se však v poslední době vyrábí stále méně a jasně dominuje mouka žitná chlebová. Zatímco u pšeničných mouk jsme schopni dosáhnout skutečně jasně bílé nebo lehce nažloutlé či smetanové barvy, pro žitné mouky je charakteristická barva našedlá až šedohnědá. Je to dáno samozřejmě jejich mírně odlišným chemickým složením. Zbývajících 15-20% žitných produktů tvoří opět otruby.

Produkty žitných mlýnů v zemích, kde se žito mlýnsky zpracovává (to jest v Německu, Čes-

ku, Rakousku, Polsku, Slovensku a dalších zemích směrem na sever a východ), jsou podobné a vesměs se jedná o mouky pro výrobu chlebů. Zpracování žita je lokálně omezeno na země střední, severní a východní Evropy a existuje základní druh žita (*Secale cereale*), který se zde pěstuje v relativně velmi podobné kvalitě.

V případě pšenice je tomu ovšem zcela jinak. Pšenice se pěstuje prakticky celosvětově a vedle základního druhu - pšenice seté (*Triticum aestivum*), která se u nás například pěstuje téměř výhradně, v jižnějších zemích Evropy a zejména na velmi úrodných půdách amerického Středozápadu se pěstuje tvrdá sklovitá pšenice (*Triticum durum*), která poskytuje nažloutlou hrubou mouku (semolinu) - základní surovinu pro výrobu pravých těstovin italského typu (pasta di semola di grano duro). Pšenice durum se pěstuje, v nižší jakosti, také na Slovensku a pokusy s jejím pěstováním se provádějí na jižní Moravě. Ve velmi dobré kvalitě se však vyskytuje již například v jižním Rakousku (Štýrsko a Korutany). Zejména do Německa se v posledních desetiletích navrátil třetí druh pšenice - špalda (*Triticum spelta*), která se dříve pěstovala v celé střední Evropě včetně českých zemí. Pečivo vyrobené ze špaldové mouky má specifickou příjemnou vůni a chuť.

Pokud se zaměříme na mlýnské zpracování pšenice seté (též označované jako měkká pšenice), které je u nás prakticky výhradní, mají české země (a Slovensko) velmi specifickou tradici vysokého podílu hrubých mouk. Obdobu českých hrubých mouk se objevuje například v Německu a Rakousku, ale v podstatně menší míře, a polohrubá mouka je prakticky česko - slovenská specialita. Tyto mouky se u nás používají při výrobě nebo domácí přípravě různých druhů knedlíků, noků, halušek a tradičních českých a slovenských těstovin. Protože se u nás prakticky celý podíl velmi světlých mouk vyrábí právě v této formě, používá se polohrubá mouka například i při výrobě a domácí přípravě cukrářských těst. Zřetelně se tento fenomén projevuje ve skladbě balených mouk. Zatímco u nás plně dvě třetiny tohoto sortimentu tvoří hrubé a polohrubé mouky, v sousedních zemích naprosto drtivě převažují mouky hladké.

Česká mlýnská technologie je díky tomu poměrně složitá. Její základní principy jsou stejné jako jinde, ale právě uvedené specifikum - ojediněle vysoké tažení hrubých a polohrubých mouk - zvyšuje nároky na strojní vybavení (např. vyšší počet čističek krupic), tak na mlýnské schéma. Klasický český mlýn je proto o poznání nákladnější a jeho řízení je komplikovanější než například u našich německých sousedů.

V posledních desetiletích se pohled na mouky mění. Přestože se ve většině evropských zemí vyrábějí především světlé pšeničné mouky, snahou je postupně zvyšovat obsah vlákniny v moukách, případně vyrábět větší podíl mouk z ostatních obilovin - žita, ječmene, ovsa, prosa. Problém stále relativně nízké výroby celozrnných mouk a mouk z „netradičních“ obilovin nespočívá v mlýnské technologii a jejích možnostech, které jsou značné, ale ve stále nízké poptávce po těchto produktech ze strany konzumentů. Velké pokroky se v tomto ohledu uskutečnily zejména ve skandinávských zemích a v Německu. Naopak v jižní a východní Evropě a ve Francii je poptávka mnohem konzervativnější.

### **Pekařské zpracování mouk**

Jestliže je mlýnské zpracování žita výrazně jednodušší, než je tomu u pšenice, v případě pekařského zpracování žitných mouk tomu tak není. Opět jsou zde značné odlišnosti, často principiální.

Běžné pšeničné pečivo či základní pšeničný chléb, jednoduchá bílá veka, se vyrábí zpravidla takzvaně „na záraz“. Tj. mouka, voda, droždí a další přísady (cukr, tuk, sůl) se smísí naráz, vyhnete se těsto, které se dělí, tvaruje, nechává vykynout a vyžrát a peče se. Základem kypřicího procesu je ethanolové kvašení, jehož nositelem je droždí (*Saccharomyces cerevisiae* Hansen).

Výroba tradičních žitných chlebů se liší zejména v tom, že základem fermentačního procesu není droždí, ale bohatá směs mikroorganismů, vedle kvasinek především bakterií mléčného kvašení, preexistující v žitných moukách. Klasické žitné chlebové těsto se proto vede ze spontánně vyvinutého základu, žitného kvasu, což je suspenze žitné mouky ve vodě o dané konzistenci, kde, jak bylo řeče-

no, při dodržení optimálních podmínek dojde k pomnožení přirozené mikroflóry. Produktem je vedle kvasného plynu (oxid uhličitý) nikoli pouze ethanol, jako v případě droždí, ale směs produktů, mezi nimiž dominuje kyselina mléčná, přítomna je též kyselina octová, ale i další organické kyseliny a směs dalších látek (včetně ethanolu), které dohromady poskytují žitnému kvasu jeho specifické fyzikálně chemické a zejména sensorické vlastnosti – chuť a vůni. Zastoupení těchto látek a celková kyselost kvasu velmi závisí na podmínkách – konzistenci a teplotě, za kterých je kvas veden. Podle těchto podmínek totiž dochází k rozvoji a naopak potlačení různých složek původní mikroflóry. Vedení kvasu trvá hodiny a kvas je možno přidavkem mouky a vody prakticky kontinuálně obnovovat.

Ke kvasu se poté přidává mouka a vzniklé těsto dále zraje kypřeno kvasným plynem. Při zrání kvasů a žitných těst navíc dochází k postupné hydrataci mouky, přičemž hraje svou úlohu vedle škrobu a proteinů právě výše zmíněné rozpustné hemicelulosity (pentosany). Těsto tak dostává svou charakteristickou podobu, která pak předurčuje specifickou strukturu střídy žitného chleba. Ta je méně porézní a hutnější než střída pšeničného chleba, nemá vláknitou strukturu založenou na pšeničném lepku, ale je naopak spíše gelovitěho charakteru. Je naředlá až hnědošedá, lehce vlhká, vláčná a má charakteristickou nakyslou, navinulou chuť a vůni.

Jestliže je klasický pšeničný chléb typickou přílohou, která nemá sama o sobě výraznější sensorické vlastnosti, dobře vyvedený a upečený žitný chléb je chutný a voňavý i sám o sobě. Obecně, aby mělo pšeničné pečivo výraznější chuťové vlastnosti, je třeba přidat recepturně více tuku a cukru a případně koření. Do dobrého žitného chleba se cukr a tuk nepřidávají vůbec a vedle mouky, vody a soli se chutí případně jen kmínem. (Samozřejmě, porovnáváme jen základní výrobky, jak z pšeničných, tak ze žitných těst se přidavkem koření, jiných obilovin, ořechů a mnoha dalších recepturních složek vyrábí škála specifických výrobků.) Přesto, i zcela jednoduchý žitný chléb, je osobitou a nejen chuťově příjemnou ale v některých ohledech i zdravotně pozitivní potravinou. Vedle pentosanů jsou to právě produkty mléčného kvašení, které mají příz-

nivý vliv na trávení a celkové prostředí v lidském organismu.

### **Žitnopšeničný chléb**

V českých zemích se v průběhu minulých dvou století vyvinul specifický druh chleba (podobný nacházíme i v Rakousku a Bavorsku). Jedná se o žitnopšeničný nebo pšeničnožitný chléb. Název se odvozuje od toho, která z obilovin (potažmo mouk) převažuje. V Čechách tak dlouhá léta dominoval žitno-pšeničný chléb o obsahu zpravidla 55 – 70% žita, na Moravě a na Slovensku tomu bylo opačně. Při výrobě tohoto typu chleba se postupuje tak, že kvašením postupně projde veškeré množství žitné mouky (čímž se dosáhne žádoucích fyzikálně chemických a sensorických vlastností) a poté se přidá mouka pšeničná. Střída takového chleba je v závislosti na výši podílu pšenice světlejší a vláčnější, nicméně stále si uchovává typický charakter způsobený zejména spontánní fermentací a hydratací žitné mouky. Vedení kvasu pro tento typ chleba se klasicky provádí v třístupňovém režimu, přičemž podmínky vedení v jednotlivých stupních mají za cíl optimální pomnožení a manifestaci několika různých složek původní mikroflóry, a to jak bakterií, tak kvasinek.

V padesátých a šedesátých letech byl tento způsob přípravy (původně domácí či manu-fakturní) převeden do průmyslových měřítek jako kontinuální proces. Typickým průmyslově vyráběným chlebem tohoto typu byl například chléb Šumava.

Dnes toto vedení kvasů nahrazují jednodušší a efektivnější systémy, které jsou podstatně méně citlivé na výkyvy v jakosti mouk a obstojí i při přerušování výroby. Tyto technologie mají svůj původ v Německu a i s jejich využitím lze velmi kvalitní žitno-pšeničné a pšenično-žitné chleby vyrábět. Nicméně veškeré postupy se musely modifikovat, přímým prokvašením například často neprochází celý podíl žitných mouk, který se navíc obecně snižuje. Pro kypření se také spoluvyužívá i droždí a podobně, přičemž výsledné chuti, vůni a textury chleba se docílují přidavkem různých přípravků (na bázi organických kyselin – mléčné, octové, vinné, citronové).



# Nutričně významné složky obilovin

## Sacharidy obilovin

Obiloviny a výrobky z obilovin jsou významným zdrojem sacharidů. Sacharidy se vyskytují téměř ve všech částech obilného zrna. Můžeme je rozdělit podle počtu jednotek na jednoduché (monosacharidy, disacharidy a oligosacharidy), složené (polysacharidy) a komplexní (např. glykoproteiny či proteoglykany). Podle struktury a funkce rozlišujeme polysacharidy stavební (strukturní), které tvoří především buněčné stěny v rostlinných pletivech, slouží jako mechanická ochrana buněk a pro člověka jsou nestravitelné a na zásobní (rezervní) které rostlině slouží jako zásoba a zdroj energie. Ty jsou stravitelné i pro člověka a jsou cenným zdrojem energie i v lidské výživě. Obiloviny přispívají k pokrytí energetické potřeby člověka více než dvojnásobným podílem v porovnání s masnými a mléčnými výrobky.

Nejvrchnější vrstvy obilného zrna (obalové vrstvy, oplodí) obsahují nerozpustné polysacharidy celulosu, nerozpustné  $\beta$ -glukany a hemicelulosity (konkrétně xyloglukany, xylyany a arabinogalaktany). Podobalové vrstvy zrna (osemení) obsahují ve vodě částečně rozpustné hemicelulosity (konkrétně arabinoxylany-pentosany a  $\beta$ -glukany). Další část zrna, aleuronová vrstva, měkká, jednoduchá vrstva s velkými buňkami, je charakteristická vysokým obsahem rozpustných  $\beta$ -glukanů, arabinoxylanů, glukomannanů a fruktanů. Endosperm obsahuje hlavně škrob (většinou okolo 80 %), z ostatních sacharidů také  $\beta$ -glukany, pentosany a fruktany. Blok klíčku má vysoký obsah redukcujících cukrů (glukosa, fruktosa, maltosa, raffinosa), mohou být také přítomny arabinoxylany a glykoproteiny.

Z nutričního hlediska, tj. podle využitelnosti (stravitelnosti) sacharidů v lidském organismu, rozlišujeme sacharidy využitelné (glukosa, fruktosa, sacharosa, maltosa, laktosa, škrob), špatně využitelné (xylosa, arabinosa, raffinosa, stachyosa) a nevyužitelné (mannosa, celulosu,  $\beta$ -glukany, hemicelulosity, pektiny, rezistentní škrob, rostlinné gummy a slizy).

V řadě obilovin se navíc vyskytují biologicky aktivní látky sacharidové povahy jako, jsou galaktooligosacharidy, fruktooligosacharidy, které mohou vykazovat pozitivní prebiotické účinky.

## Škrob

Je nejvýznamnějším polysacharidem a nejvíce zastoupenou složkou všech obilovin. Je obsažen v endospermu jako zásobní polysacharid, přičemž jeho podíl činí 60-75 % sušiny obilky a až 80 % sušiny samotného endospermu. Škrob se vyskytuje ve formě škrobových zrn, což jsou útvary různé velikosti a tvaru (tvar je charakteristický pro jednotlivé druhy obilovin), které popisujeme na úrovni kvartérní struktury. Skládají se ze dvou polysacharidických frakcí – amylosy a amylopektinu, jejichž základní stavební jednotkou je glukosa. V molekulách amylosy jsou molekuly glukosy vázány především  $\alpha$ -1,4 glykosidovou vazbou, v molekulách amylopektinu se ve větší míře vyskytují také  $\alpha$ -1,6 glykosidové vazby, na nichž dochází k větvení. Na úrovni sekundární a terciární struktury jsou tak monomerní glukosové jednotky uspořádány do pravidelné šroubovice (helix), která je v případě amylosy převážně lineární, zatímco u amylopektinu rozvětvená. Jednotlivé smyčky šroubovic jsou formovány vodíkovými vazbami. Molekulová hmotnost amylosy se pohybuje v řádu 200 – 500 kDa, u amylopektinu je řádově vyšší a může dosahovat až 100 000 kDa.

Škrobová zrna jsou ve vodě nerozpustná, ve studené vodě bobtnají pouze mírně a povolně, ale rychlost a míra bobtnání rychle narůstá s teplotou. Po dosažení určité teploty, která se obvykle pohybuje mezi 55-70 °C dojde k mazovatění. Tepelná energie v průběhu celého procesu postupně uvádí jednotlivé molekuly amylosy a amylopektinu do pohybu, přičemž dochází k přerušování intermolekulárních vodíkových vazeb a semikrystalické uspořádání škrobových zrn postupně zaniká. Systém se ze suspenze mění v homogenní maz, jehož viskozita zprvu stoupá a po dosažení úplného zmazovatění a dalším zvýšení

teploty prudce klesá. Po vychladnutí se rekonstituují příčné intermolekulární vodíkové vazby a dochází ke vzniku pružného gelu, který ve své struktuře tvořené trojrozměrnou sítí molekul pospojovaných vzájemně vodíkovými vazbami obsahuje velké množství molekul vody. V průběhu času a zejména při teplotách blízcích se 0 °C prostorová síť rapidně houstne, vytlačuje molekuly vody a postupně tuhne. Tento jev nazýváme retrogradací škrobového gelu.

Bobtnání a mazovatění škrobu je jedním z klíčových procesů během tvorby a zrání těst a pečení. Po zchladnutí pečiva dochází k retrogradaci. Přestože v těstě není dostatek vody, aby bobtnání a následné zmazovatění proběhlo v plném rozsahu, jsou tyto procesy určující pro tvorbu střídly pečiva a dosažení její optimální struktury a textury. Retrogradace škrobu se pak zásadní měrou podílí na stárnutí pečiva.

Pro technologické zpracování je tudíž velmi podstatné v jakém stavu se škrob v mouce nachází. Po dozrání obilného zrna a v průběhu skladování a přípravy k mletí jsou vždy do jisté míry aktivovány amylasy, které škrob částečně poškodí.  $\alpha$ -amylasa štěpí škrob na menší oligosacharidy – dextriny. Naopak  $\beta$ -amylasa hydrolyzuje škrobové řetězce či řetězce dextrinů od konce a postupně z nich uvolňuje molekuly disacharidu maltosy. Vedle enzymové hydrolyzy je škrob, vždy více či méně poškozen v průběhu mlecího procesu mechanicky i tepelně (*záhřev meliva mezi mlecími válci*).

Částečné poškození škrobu je v pekařské technologii žádoucí, protože maltosa uvolněná během hydrolyzy je substrátem pro kvasinky či bakterie při fermentačním procesu během zrání a kynutí těst. Míra poškození škrobových zrn je však také úměrná rychlosti resorpce škrobu během trávení a tím také glykemickému indexu (GI). (*Glykemický index je bezrozměrná veličina, která je mírou rychlosti využití glukózy po požití té či oné potraviny. U glukózy je roven 100, za nízký se považuje GI pod 55*). Podle stupně poškození škrobu se GI obilných výrobků pohybuje v širokém rozmezí 40-90. (*Snížení GI také významně přispívá přítomnost vlákniny, viz dále.*)

## Vláknina, její složky a látky doprovázející vlákninu v obilovinách

*Charakteristika vlákniny podle CODEX Alimentarius: Guidelines on nutrition labelling (Rev. 2011, Amendment 2013) a nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011, Příloha I (citace):*

„Vlákninou se rozumějí uhlovodíkové polymery\* s třemi nebo více monomerními jednotkami, které nejsou tráveny ani vstřebávány v tenkém střevě lidského organismu a náleží do těchto kategorií: jedlé uhlovodíkové polymery přirozeně se vyskytující v přijímané potravě, jedlé uhlovodíkové polymery, které byly získány z potravinových surovin fyzikálními, enzymatickými nebo chemickými prostředky a které mají prospěšný fyziologický účinek prokázaný obecně uznávanými vědeckými poznatky, jedlé syntetické uhlovodíkové polymery, které mají prospěšný fyziologický účinek prokázaný obecně uznávanými vědeckými poznatky“.

\* Pokud jsou polymery odvozeny z rostlinného původu, vláknina potravy může zahrnovat frakce ligninu a/nebo další sloučeniny asociované s polysacharidy uvnitř buněčných stěn rostlin. Tyto sloučeniny mohou být stanoveny analytickými metodami určenými pro stanovení vlákniny potravy. Avšak tyto sloučeniny nejsou zahrnuty do definice vlákniny, i když byly extrahovány a znovu zavedeny do potravin.

\*\* Rozhodnutí, zda mají být zahrnuty sacharidy složené ze 3 až 9 monomerních jednotek by mělo být ponecháno na rozhodnutí národních autorit.

Stručnější definici vlákniny uvádí Americká asociace cereálních chemiků (AACC): Vlákninu potravy tvoří jedlé části rostlin nebo analogické sacharidy, které jsou odolné vůči trávení a absorpci v lidském tenkém střevě a jsou zcela nebo částečně fermentovány mikroorganismy v tlustém střevě. Vláknina potravy zahrnuje polysacharidy, oligosacharidy, lignin a přidružené rostlinné složky. Vláknina potravy vykazuje prospěšné fyziologické účinky: laxativní a/nebo upravující hladinu cholesterolu v krvi a/nebo upravující hladinu glukosy v krvi, a další vlastnosti.

Z chemického hlediska lze složky vlákniny rozdělit do následujících skupin:

- nestravitelné polysacharidy: celulóza, hemicelulóza, fruktany, pektiny, gumy a slizy;
- nestravitelné oligosacharidy, např. fruktooligosacharidy (zejména inulin);
- složky příbuzné sacharidům: zejména rezistentní škroby a modifikované celulózy;
- lignin a doprovodné látky jako kutin, tanniny, třísloviny aj.

Od roku 1980 se dělí vláknina podle rozpustnosti ve vodě na nerozpustnou, omezeně bobtnavou, kam patří hlavně celulóza a část hemicelulózy (např. xylany), a na rozpustnou, bobtnavou vlákninu, tvořící viskózní gely (část  $\beta$ -glukanů a část arabinoxylanů, glukomannany, galaktomannany apod.). Tyto nevyužitelné, nestravitelné polysacharidy byly dříve též nazývány balastní polysacharidy, neboť díky své schopnosti vázat na sebe vodu a bobtnat zvětšují objem stravy, ale dodávají jí nízkou energetickou hodnotu (8,4 kJ/g nebo 2 kcal/g, pro porovnání energetická hodnota sacharidů je 17,2 kJ/g). Ve stravě se obecně doporučuje poměr rozpustné : nerozpustné vlákniny kolem 3:1.

Mezi vlákninu potravy se řadí také fytová kyselina a její soli, které patří do skupiny tzv. antinutričních látek. Kyselina fytová tvoří s vápníkem, železem, hořčíkem, mědí nebo zinkem nerozpustné komplexy a snižuje tak využitelnost uvedených minerálních a stopových látek.

Dalšími nutričně a zdravotně významnými látkami, které se v obilovinách vyskytují v nižším, minoritním množství, jsou polyfenoly (fenolické látky, fenolické kyseliny, flavonoidy, lignany), vitamin E a fytoestrogeny. Uvedené látky (kromě sterolů) působí jako antioxidanty, tj. chrání buňky před účinkem volných radikálů a dalších reaktivních oxidačních činidel. Informace o pozitivním vlivu vlákniny na prevenci civilizačních onemocnění a pozitivním vlivu na zdraví člověka se datují od roku 1975. Vláknina potravy vykazuje pozitivní účinek na gastrointestinální trakt, vláknina ovlivňuje peristaltiku střev, podporuje rozvoj a aktivitu zdraví prospěšných mikroorganismů ve střevě, reguluje hladinu glukosy, insulinu a krevního cholesterolu.

### **$\beta$ -glukany**

Obilné  $\beta$ -glukany,  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3),(1 $\rightarrow$ 4)-d-glukany neboli  $\beta$ -glukany se smíšenými vazbami, jsou strukturní polysacharidy složené z molekul  $\beta$ -d-glukosy. Nacházejí se ve všech semenech obilovin, a ve větším množství v ječmeni a ovsu. Fyzikálně-chemické vlastnosti obilných  $\beta$ -glukanů závisí na jejich primární struktuře, na typu vazeb, stupni větvení či molekulové hmotnosti.  $\beta$ -glukany obilovin jsou zčásti rozpustnou vlákninou, částečně i nerozpustnou vlákninou potravy. Na struktuře a původu závisí rozpustnost  $\beta$ -glukanů, která klesá v pořadí oves (nejvíce rozpustné  $\beta$ -glukany), ječmen, pšenice (nejméně rozpustné  $\beta$ -glukany). Rozpustnost  $\beta$ -glukanů také závisí na počtu (1 $\rightarrow$ 4) vazeb, s vyšším počtem těchto vazeb klesá rozpustnost  $\beta$ -glukanů. Rozpustnost  $\beta$ -glukanů se zvyšuje s rostoucí teplotou.  $\beta$ -glukany vázané na proteiny jsou většinou ve vodě nerozpustné. Relativní molekulová hmotnost  $\beta$ -glukanů se pohybuje v širokém rozsahu od desítek do tisíců kDa podle původu.

Byly publikovány podmínky extrakce ječných  $\beta$ -glukanů a jejich funkční vlastnosti v závislosti na teplotě a pH prostředí. Nejvyšší čistoty izolovaných  $\beta$ -glukanů bylo docíleno při teplotě extrakce 55 °C a pH 7. Extrakce  $\beta$ -glukanů probíhala ve vodném prostředí, ale bylo potřeba použít řadu pufrů, několikrát suspenzi odstřeďovat, srážet a promývat. Z dalších vlastností  $\beta$ -glukanů lze zmínit schopnost tvořit gely.

Jak již bylo uvedeno, bohatým zdrojem  $\beta$ -glukanů je hlavně ječmen (2-6 %), u některých kultivarů ječmene bylo nalezeno dokonce 14-16%  $\beta$ -glukanů. Ječmen samotný obsahuje až o 20% více vlákniny než žito, a až o 40% více vlákniny než pšenice. Ječmen obsahuje kromě  $\beta$ -glukanů také významné množství arabinoxylanů. Dalšími zdroji  $\beta$ -glukanů jsou oves a pšenice. V případě ovsa a ječmene se  $\beta$ -glukany většinou nachází rovnoměrně rozložené ve všech vrstvách obilky, zatímco u pšenice (obsah  $\beta$ -glukanů 0,2-2% hmotnosti zrna pšenice) je nejvyšší obsah  $\beta$ -glukanů v aleuronové vrstvě a podobalových vrstvách. V žitě se  $\beta$ -glukany nachází nejvíce v aleuronové vrstvě.

$\beta$ -glukany s vysokou viskozitou a vysokou molekulovou hmotností zvyšují viskozitu v lidském střevě (vliv na pocit sytosti a na-

sycenosti, snížená resorpce některých živin a enzymů), což je žádoucí pro zvýšenou fyziologickou aktivitu  $\beta$ -glukanů. Některé studie naopak uvádějí, že  $\beta$ -glukany s nižší viskozitou a nižší molekulovou hmotností jsou výhodnější z důvodu snadnějšího a pohotovějšího využití bakteriemi přítomnými v tlustém střevě člověka. Molekulová hmotnost, obsah a rozpustnost  $\beta$ -glukanů je ovlivněna genotypem obiloviny, klimatickými podmínkami, agronomickými vstupy, posklizňovými změnami a samozřejmě procesem zpracování obilovin. Frakce izolovaných  $\beta$ -glukanů s vysokou molekulovou hmotností se rychleji degradují během pečení pekařského výrobku, zatímco frakce izolovaných  $\beta$ -glukanů s nízkou molekulovou hmotností nejsou tak razantně degradovány. Během trávení však nebyly zaznamenány výrazné rozdíly v degradaci vysokomolekulárních a nízkomolekulárních frakcí izolovaných  $\beta$ -glukanů. Výzkumy zároveň naznačují, že účinnost  $\beta$ -glukanů může souviset s extrakčními postupy a dalšími faktory jako je denní dávka  $\beta$ -glukanu, jeho molekulová hmotnost, struktura a reologické vlastnosti extrahovaných a přírodních  $\beta$ -glukanů. Stále více pozornosti je tedy věnováno tomu, že by se  $\beta$ -glukany z ječmene, ovsa a dalších obilovin daly využít jako složky funkčních potravin.

Funkční potraviny jsou potraviny s technologicky zvýšenou nutriční hodnotou a kladným vlivem na zdraví, fyzickou výkonnost či duševní stav člověka a mají vědecky prokázaný výživový nebo fyziologický účinek. Funkční potraviny mohou mít snížený obsah tuků a cukrů, mohou být s přidáním vlákniny nebo minerálních látek. Z preventivních důvodů se funkční potraviny doporučují konzumovat dlouhodobě. Funkční potraviny mají ochranné účinky, působí pozitivně na imunitu, fyzický a duševní stav člověka a zejména při rekonvalescenci.

Je důležité zmínit, že přídavek  $\beta$ -glukanů jako složky funkčních potravin může negativně ovlivňovat chuť pekařského výrobku (nahořklá, nezvyklá, obilná, až zatuchlá pachuť; způsobené zřejmě komplexem  $\beta$ -glukanů a lipidů), texturu střídy výrobku (snížení objemu pečiva, zhutnění střídy pečiva, nehomogenní pórovitost střídy apod.) a vláčnost a vlhkost pečiva.

### Resistentní škrob

Při zpracování pekařských výrobků, ale i při jejich skladování dochází ke změnám sacharidů, z nichž nejvýznamnější je tvorba rezistentního škrobu (RS). Resistentní škrob může být definován jako suma škrobu a produktů degradace škrobu, které se neabsorbují v tenkém střevě člověka, rezistentní škrob tak tvoří frakci škrobu, která se netráví v tenkém střevě, ale může být fermentována mikroflórou v tlustém střevě. Resistentní škrob se řadí mezi vlákninu potravy.

### Arabinoxylany (pentosany)

Arabinoxylany jsou stejně jako  $\beta$ -glukany strukturní neškrobové polysacharidy obilovin, které se však řadí do skupiny heteroxylanů. Často jsou arabinoxylany nazývány starším názvem pentosany. Tvoří je  $\beta$ -(1,4) xylosová kostra s arabinosou různě navázanou buď na druhém, nebo třetím uhlíku. Kromě xylosy a arabinosy obsahují d-glukosu a někdy další minoritní stavební jednotky (d-galaktosu, d-glukuronovou kyselinu). Arabinoxylany různých obilovin se liší ve způsobu substituce xylanového řetězce a obsahem arabinosy, resp. poměrem obou cukrů, arabinosy a xylosy. Průměrný obsah xylosy bývá 52-60% a arabinosy 36-46%. Arabinoxylany jsou složkou vlákniny potravy ovlivňující nutriční hodnotu potraviny, technologickou hodnotu (viskozitu těsta a kvalitu chleba a pečiva) a vykazují pozitivní zdravotní účinky.

Arabinoxylany lze rozdělit na vodou extrahovatelné a vodou neextrahovatelné a extrahovatelné v alkalických roztocích. Vodou a alkáliemi extrahovatelné arabinoxylany mají rozdílné fyzikálně-chemické vlastnosti. Průměrná relativní molekulová hmotnost arabinoxylanů pšenice se pohybuje zhruba od 220 do 260 kDa, arabinoxylanů žita od 520 do 770 kDa. Rozdíly v rozpustnosti závisí na stupni větvení, rozpustnější jsou více větvené molekuly arabinoxylanů. V řadě studií bylo potvrzeno, že arabinoxylany ve vodě extrahovatelné mají pozitivní vliv na pekařskou kvalitu žitné mouky, zatímco ve vodě neextrahovatelné arabinoxylany kvalitu mouky ovlivňují negativně. Žitné arabinoxylany hrají významnou roli při stárnutí výrobku (zpomalují retrogradaci škrobu díky tomu, že vážou vodu a dlouho ji udrží ve své struktuře).

Arabinoxylany tvoří u pšenice 20-27% aleuronové vrstvy, 23-32% otrub a 2-4% endospermu. V ječmeni jsou arabinoxylany rozmístěny v aleuronové vrstvě z 85% a v endospermu z cca 20-25%. Arabinoxylany tvoří hlavní složku vlákniny žita (8-12%) vyskytují se zejména v aleuronové vrstvě žitné obilky.

Rozpustné arabinoxylany mají vysokou schopnost vázat vodu. Rozdíly v rozpustnosti závisí na stupni větvení. Čím jsou molekuly arabinoxylanů více větvené, tím se zvyšuje rozpustnost. Většina arabinoxylanů pocházející z endospermu žitné i pšeničné obilky jsou rozpustné ve vodě, zatímco arabinoxylany z aleuronové vrstvy a oplodí jsou ve vodě nerozpustné.

Při porovnání fyziologických účinků arabinoxylanů a  $\beta$ -glukanů bylo zjištěno, že žitné arabinoxylany vykazují vyšší viskozitu ve střevě, než ječné nebo ovesné  $\beta$ -glukany. Navíc bylo zjištěno, že žitné arabinoxylany o průměrné molekulové hmotnosti 200 kDa a určitém poměru xylos a arabinos v řetězcích arabinoxylanů, výrazně zvyšovaly při konzumaci žitného pečiva viskozitu střevního obsahu.

Zajímavé zjištění je, že během výroby chleba došlo ke statisticky průkaznému snížení molekulové hmotnosti  $\beta$ -glukanů, zatímco molekulová hmotnost arabinoxylanů zůstala téměř nezměněna. Během extruze došlo k výraznému zvýšení rozpustnosti  $\beta$ -glukanů a dokonce i k nepatrnému zvýšení obsahu rozpustných  $\beta$ -glukanů.

Arabinoxylany obsahují malé množství derivátů ferulové kyseliny. Rezidua ferulové kyseliny tvoří vazbu mezi arabinoxylany a proteiny (zejména s aminokyselinou tyrosinem) a vytváří tak nosnou strukturu žitného pečiva. Vzniklý žitný gel je obdobou pšeničného lepku s odlišnými vlastnostmi, vzniká za studena a je schopen absorbovat až 200 násobné množství vody. Gel je méně pružný než pšeničná lepková struktura těsta, a proto jsou čistě žitné výrobky vždy hutnější.

#### **Fruktany a fruktooligosacharidy**

Fruktany jsou nestravitelné zásobní polysacharidy s vazbami  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 2). Liší se od sebe strukturou a molekulovou hmotností a mohou být rozděleny do tří skupin na inuliny, leva-



ny a větvené struktury. Působí jako prebiotika, podporují růst bifidobakterií v tlustém střevě. Tyto bifidobakterie fermentují fruktany na mastné kyseliny s krátkým řetězcem, které mají pozitivní vliv např. na metabolismus lipidů, snižují pH v tlustém střevě apod. Produkty fermentace prebiotik zvyšují rozpustnost a využitelnost vápníku v organismu. Inulin a fruktooligosacharidy absorbují vápník a hořčík, dochází ke zvýšení hustoty vápníku

v kostech a takto lze předcházet osteoporóze. K výsledku se dospěli na skupině sto lidí různého věku, která konzumovala během 1 roku stravu obohacenou o prebiotika.

Z obilovin je významným zdrojem fruktanů pšenice. Fruktany lze také nalézt v žitě, kde z celkového obsahu vlákniny (20%) zabíraly fruktany kolem 4%. Fruktany s krátkým řetězcem izolované z rostlin mají sladkou chuť, tvoří složky přírodních nízkokalorických sladidel. Fruktany s dlouhým řetězcem jsou chuťově neutrální a vytvářejí emulze se strukturou podobnou tukům (mohou sloužit jako tzv. fat mimetics, neboli náhrady tuků).

V rámci výzkumu byly porovnávány účinky fruktooligosacharidů a oligofruktosy (lišící se stupněm polymerace) na trávení a proliferaci bifidobakterií (*Bifidobacterium bifidum*) v tlustém střevě. Bylo zjištěno, že fruktooligosacharidy se stupněm polymerace (DP) 5 až 15 produkují větší obsah kyseliny propionové než oligofruktosa, a také že tyto fruktooligosacharidy více podporují proliferaci vybraných druhů bifidobakterií vyskytujících se v tlustém střevě.

Během výroby křehkých žitných chlebů bylo zjištěno, že frakce fruktanů s nižší molekulovou hmotností byly rychleji degradovány kvasinkami a enzymy přítomnými v žitné mouce. Dále bylo stanoveno, že obsah fruktanů v chlebu byl výrazně nižší než v žitné mouce.

### Fenolické sloučeniny

(polyfenoly, fenolické kyseliny).

V zrnech obilovin jsou fenolické sloučeniny lokalizovány hlavně v oplodí a ve vnějších obalových vrstvách. Jsou tedy přítomny hlavně v otrubách, zatímco ve světlých moukách je obsah těchto látek nižší. Polyfenoly jsou v obilovinách zastoupeny zejména lignany, ferulovou a hydroxyskořicovou kyselinou, v menší míře pak flavonoidy, kávovou a p-kumarovou kyselinou. Dané fenolické sloučeniny vykazují antioxidační vlastnosti. Díky přítomnosti aromatického kruhu v molekule inhibují polyfenoly oxidaci mastných kyselin a brzdí tvorbu volných radikálů. Lignany vykazují navíc fytoestrogenní účinky. Obecně se fenolické kyseliny v obilovinách vyskytují ve vázané či volné formě. Vázané kyseliny se nacházejí esterifikované v buněčných stěnách, odkud mo-

hou být uvolněny hydrolýzou za alkalických či kyselých podmínek. Naopak volné kyseliny jsou umístěny ve vnější vrstvě zrna (oplodí) a mohou být získány jako extrakty za použití organických rozpouštědel.

Lignany vznikají spojením dvou zbytků skořicové kyseliny. Všechny lignany obsahují 2,3-dibenzylbutan jako základní prvek své struktury. Obsah lignanů v pšenici a ječmenu se pohybuje v rozmezí 8-299  $\mu\text{g}/100\text{g}$ . Jsou soustředěny ve vnější vrstvě buněk oplodí, po které následuje aleuronová vrstva. Lignany nejsou chemicky svázané se složkami buněčné stěny, tak jako v případě ligninu. Proto je možné izolovat lignany extrakcí či jinými chemickými způsoby přímo z rostlinného materiálu.

Rostlinné lignany se od struktury savčích lignanů odlišují několika kyslíkatými skupinami umístěnými na aromatickém kruhu v poloze p. V tlustém střevě jsou rostlinné lignany (např. sekoisolariciresinol, matairesinol, pinoresinol) metabolizovány bakteriemi na tzv. savčí lignany – enterodiol a enterolakton. Savčí lignany, enterodiol a enterolakton, jsou strukturně podobné ženským pohlavním hormonům, estrogenům, které ovlivňují hormonální činnost. Lignany se proto řadí do skupiny fytoestrogenů.

### Alkylresorcinoly

Alkylresorcinoly jsou přirozeně se vyskytující deriváty 1,3-dihydroxybenzenu (resorcinolu) s lichým počtem uhlíkových řetězců v pozici 5 na benzenovém jádře. Jedná se o fenolové lipidy, které se nacházejí v podobalových vrstvách (osemení) pšenice, žita a ječmene. Jejich podíl v pšeničných otrubách je kolem 2,2-3,2  $\mu\text{g}/\text{g}$ .

Při mletí obilí zůstávají alkylresorcinoly v otrubách a do značné míry mohou ovlivňovat hydrofóbní vlastnosti buněčných membrán (permeabilitu membrán). Při tepelné úpravě (pečení, extruze apod.) je jejich aktivita omezena. Alkylresorcinoly jsou absorbovány v lidském střevě (trávicím traktu) a distribuovány pomocí plazmatických lipoproteinů do tukové tkáně.

Při kontrole a průkaznosti kvality různých mouk jsou alkylresorcinoly možnými markery rozlišení celozrnné žitné mouky od celozrnné pšeničné mouky. Délka alkylového řetězce u obilných alkylresorcinolů bývá od 15 do 25

uhlíků. Na základě poměrů homologů alkylresorcinolů je možné rozlišit pšenici obecnou od pšenice durum a žita: poměr homologů C17 a C21 je 1,0 u žita, 0,1 u pšenice obecné a 0,01 u pšenice durum.

### Fyziologické účinky vlákniny

Účinky různých složek vlákniny potravy jsou úzce spjaty s typem daného polymeru, který vstupuje do tlustého střeva, jeho molekulovou hmotností, viskozitou a rozpustností a rozsahem větvení molekuly. Fruktany a fruktooligosacharidy působí v tlustém střevě jako prebiotika a jsou zcela fermentovány na mastné kyseliny s krátkým řetězcem (octová, propionová, máselná). Ve vodě rozpustné, bobtnavé  $\beta$ -glukany a arabinoxylany tvoří v žaludku viskózní, gelovitou hmotu. Bobtnáním  $\beta$ -glukanů a arabinoxylanů dochází ke zvýšení viskozity tráveniny v kontaktu s vodou, přichází pocit nasycení, a tím je možné předejít přejídání se a rozvoji nadváhy až obezity. Při průchodu  $\beta$ -glukanů a arabinoxylanů tenkým střevem nedochází k výrazným změnám těchto složek vlákniny.  $\beta$ -glukany a arabinoxylany jsou zcela rozkládány až v tlustém střevě přítomnými mikroorganismy. Oproti tomu složky nerozpustné vlákniny potravy, jako je celulóza, ve vodě nerozpustné arabinoxylany, jsou vůči mikrobiálnímu rozkladu částečně odolné, tyto složky jsou jen částečně fermentovány. Bylo dokázáno, že pouze malé množství bakteriálních druhů sídlících v tlustém střevě dokáže nerozpustné nebo komplexní arabinoxylany zužitkovat, současně arabinoxylooligosacharidy stimulují růst jen malé skupiny bakterií mléčného kvašení (laktobacilů).

Obilné  $\beta$ -glukany jsou méně biologicky aktivní v porovnání s  $\beta$ -glukany z hub, řas nebo kvasinek. Biologickou aktivitou rozumíme např. větší posílení imunity, zvýšenou aktivitu makrofágů, zvýšenou fagocytózu, vyšší protinádorovou aktivitu apod. Efektivní zdravotní účinky a vysoká biologická aktivita byla zjištěna jen u vysoce přečištěných  $\beta$ -glukanů (zejména z hub a kvasinek). Účinek  $\beta$ -glukanů na snížení hladiny cholesterolu je vysvětlen tak, že konzumované  $\beta$ -glukany zvyšují střevní viskozitu, dochází ke snížení absorpce cholesterolu a k jeho rychlejšímu vylučování.  $\beta$ -glukany snižují hladinu glukosy v krvi po jídle tím, že zrychlují střevní peristaltiku, což vede ke sníženému vstřebávání gluko-

sy. Prevence vývoje diabetu II. typu spočívá ve vlivu  $\beta$ -glukanů na autoimunitní mechanismy, které ovlivňují pankreatické ostrůvky (Větvíčka, 2009).

### Zdravotní tvrzení

Na základě výsledků řady klinických studií byla v zemích EU schválena zdravotní tvrzení týkající se prospěšných účinků vlákniny potravy u jednotlivých obilovin. Povolena zdravotní tvrzení podle Nařízení komise EU č. 432/2012, platné od 14. 12. 2012 popisují následující:

Vláknina ječného zrna přispívá ke zvýšení množství stolice. Tvrzení může být použito pro potravinu, která má vysoký obsah vlákniny, tzn. obsahuje alespoň 6g vlákniny na 100g nebo alespoň 3g na 100 kcal (neboli 420 kJ) (podle nařízení EU č. 1924/2006).

Vláknina pšeničného zrna přispívá k urychlení střevní peristaltiky, tzn. průchodu tráveniny střevem. Toto tvrzení může být použito pro potravinu, která má vysoký obsah vlákniny, tzn. obsahuje alespoň 6g vlákniny na 100g nebo alespoň 3g na 100 kcal (neboli 420 kJ). Prospěšný efekt je zaručen konzumací nejméně 10g vlákniny pšeničného zrna denně.

$\beta$ -glukany přispívají k udržení normální hladiny cholesterolu v krvi. Toto tvrzení může být použito pouze u potravin, které obsahují nejméně 1g  $\beta$ -glukanů z ova, ovesných otrub, ječmene, ječných otrub nebo ze směsi těchto zdrojů v kvantifikované porci. Aby bylo možné tvrzení použít, musí být spotřebitel informován, že příznivého účinku se dosáhne při příjmu 3g  $\beta$ -glukanů z ova, ovesných otrub, ječmene, ječných otrub nebo ze směsi těchto zdrojů denně.

Konzumace  $\beta$ -glukanů z ova nebo ječmene jakožto součástí jídla přispívá k omezení nárůstu hladiny glukosy v krvi po tomto jídle. Tvrzení smí být použito pouze u potravin, které obsahují nejméně 4g  $\beta$ -glukanů z ova nebo ječmene na každých 30g využitelných sacharidů v kvantifikované porci jakožto součástí jídla. Aby bylo možné tvrzení použít, musí být spotřebitel informován, že příznivého účinku se dosáhne konzumací  $\beta$ -glukanů z ova nebo ječmene jakožto součástí jídla.

Konzumace arabinoxylanů z pšeničného endospermu přispívá ke snížení zvýšené hladiny glukosy v krvi po jídle. Toto tvrzení může být použito pro potraviny, které obsahují nejméně 8g vlákniny z pšeničného endospermu bohaté na arabinoxylany na 100g využitelných sacharidů v kvantifikované porci tvořící součást jídla. Na obale výrobku musí být uvedeno, že prospěšný efekt arabinoxylanů z pšeničného endospermu je zaručen konzumací vlákniny z pšeničného endospermu bohatého na arabinoxylany jako součást jídla.

### **Vliv vlákniny na nutriční vlastnosti pekařských výrobků**

Pšenice má v porovnání s ostatními obilovinami nejnižší obsah celkové vlákniny potravy (10-13%) i jednotlivých složek vlákniny (rozpustná vláknina 1-2%, nerozpustná vláknina kolem 10%). Zatímco u žita je obsah celkové vlákniny 15-17% a obsah rozpustné vlákniny 3-4%, a u ova 11-13% celkové vlákniny a 3-5% rozpustné vlákniny.

Na  $\beta$ -glukany jsou bohaté zejména ječmen a oves, nejvyšší obsahy arabinoxylanů jsou v žitě, zatímco vysoké obsahy fruktooligosacharidů se nacházejí v pšenici. Během zpracování obilovin dochází ke snížení obsahu složek vlákniny. I přesto jsou v některých mlýnských a pekařských výrobcích obsahy složek vlákniny velice významné. U řady složek vlákniny potravy byly prokázány pozitivní zdravotní účinky, které je možné uvádět na obale výrobku obsahujícího vlákninu nebo její určité složky. Výrazné rozdíly v obsahu jednotlivých složek vlákniny souvisí se stupněm vymletí mouk (porovnání obsahy vlákniny ve světlé a celozrnné mouce). Ve vodě extrahovatelné  $\beta$ -glukany a arabinoxylany jsou polymery s vysokou molekulovou hmotností a jsou prokázány jejich účinky na reologické vlastnosti těsta a zdravotní účinky při jejich trávení.  $\beta$ -glukany jsou relativně citlivé na zpracovávání potravin (např. fermentace těsta, pečení), zatímco arabinoxylany jsou odolnější k tepelným úpravám.

Vliv vlákniny na kvalitu výrobku lze uvést v několika bodech: zvýšení výživové hodnoty výrobků, snížení energetické hodnoty výrobku, snížení glykemického indexu, zvýšení vaznosti vody, rovnoměrné rozdělení vody v těstě, lepší zpracovatelnost a reologická

struktura těsta, vliv na objem výrobku, zlepšení měkkosti a vláčnosti střídy výrobku, vliv na sensorické vlastnosti kůrky a prodloužení životnosti výrobku.

Konzumace potravin s nízkým glykemickým indexem je vhodná jako prevence civilizačních onemocnění.

## **Proteiny**

### **Rostlinné proteiny**

Hlavní zdroj rostlinných proteinů v potravě představují semena rostlin. Další zdroje jako okopaniny, ovoce a zelenina mají význam pouze okrajový. Složení aminokyselin semen je zcela odlišné od potravin živočišného původu. Obsahují většinou velké množství asparagové a glutamové kyseliny a jejich amidů. Biologická hodnota samotných proteinů je nižší než svalových proteinů nebo proteinů luštěnin, u všech bývá významná limitace některé esenciální aminokyseliny, většinou lysinu. Na druhé straně může vhodná kombinace rostlinných materiálů vést ke směsi proteinů, která má relativně vysokou biologickou hodnotu. V tomto případě bývá ale často problém s využitelností bílkovin z důvodu vysokého příjmu vlákniny, jak je známo např. u veganské výživy. Kromě proteinů přijímá organismus z rostlinného materiálu řadu dalších výživově cenných složek, využitelné polysacharidy (hlavně škrob), vlákninu, řadu vitaminů, minerálních látek (zde je ale problematická využitelnost) aj.

Veškeré proteiny semen patří mezi proteiny globulární, které jsou více či méně rozpustné ve vodě, solích, zředěných kyselinách nebo zásadách a dalších rozpouštědlech. V rostlinných semenech se vyskytují 4 základní typy rozpustných proteinů:

Albuminy jsou neutrální proteiny dobře rozpustné ve vodě, teplem ireversibilně koagulují. Větší význam mají u živočišných proteinů (např. laktalbumin, ovalbumin aj.).

Globuliny jsou slabě kyselé proteiny, nerozpustné ve vodě, rozpustné ve zředěných roztocích solí, kyselin a zásad, teplem koagulují. Jde o velkou skupinu proteinů významných v živočišné i rostlinné říši (laktoglobulin, myosin, edestin, avenalin aj.).



Prolaminy, někdy nazývané gliadiny (toto označení se občas používá, ale je poněkud zavádějící; pod pojmem gliadin se rozumí prolamin pšenice; řada prolaminů obilovin má také své triviální názvy – viz tab. III) jsou nerozpustné ve vodě, rozpustné ve zředěných roztocích solí, kyselin a zásad a ve zředěném etanolu, teplem nekoagulují. Jde o velkou skupinu proteinů významných v rostlinné říši (gliadin, hordein, oryzin, zein aj.). Obsahují velké množství glutaminu a prolinu.

Gluteliny jsou nerozpustné ve vodě a ve zředěném ethanolu, rozpustné ve zředěných roztocích solí, kyselin a zásad, teplem koagulují. Jde opět o velkou skupinu proteinů významných v rostlinné říši (glutenin, hordenin, oryzenin, zeatin aj. – viz tab III). Obsahují obvykle velké množství glutamové kyseliny.

### Proteiny obilovin

Z rostlinných materiálů jsou nejvýznamnějším zdrojem proteinů pro výživu člověka obiloviny, u nás v první řadě pšenice a žito. Obsah proteinů vnějších (subaleuronových) částí obilného zrna je výrazně vyšší než vnitřních částí. Proto obsah proteinů v mouce značně závisí nejen na druhu a odrůdě rostliny, ale velmi významně i na stupni vymletí mouky a dalších faktorech. Tmavé celozrnné mouky mají vyšší obsah proteinů než bílé, rozdíl bývá až 4%. Obsah proteinů ve vybraných cereálních výrobcích je uveden v tabulce I; tab. II potom uvádí složení aminokyselin cereálií a pseudocereálií, tab. III složení hlavních proteinů cereálií.

**Tabulka I** Obsah proteinů ve výrobcích z cereálií (Velíšek, 2009)

Potravina	Obsah proteinu (%) rozmezí	Obsah proteinu (%) průměr
Pšeničná mouka	8,1 – 12,8	10,1
Žitná mouka	5,1 – 12,0	9,6
Chléb žitno-pšeničný	4,7 – 11,6	6,7
Světlé (běžné) pečivo	7,3 – 9,7	8,5
Cukrářské výrobky	3,5 – 7,8	5,6
Těstoviny	9,8 – 12,5	11,8
Rýže bílá (loupaná)	-	7,5
Rýže hnědá (pololoupaná, natural)	-	7,6



**Tabulka II** Obsah aminokyselin v cereáliích a pseudocereáliích v g. vztaženo na 16 g dusíku (Velíšek, 2009)

Amino kyselina	Pšenice	Žito	Ječmen	Oves	Rýže	Kukuřice	Proso	Pohanka	Amaranth
Gly	3,9	4,3	3,9	4,7	5,0	3,7	3,8	5,0	8,7
Ala	3,6	4,3	4,0	4,5	6,0	7,5	7,9	4,7	3,4
Val	4,4	4,8	5,0	5,1	5,5	4,8	5,5	6,7	4,3
Leu	6,7	6,2	6,7	7,3	8,2	12,5	9,6	5,9	5,3
Ile	3,3	3,5	3,6	3,8	3,8	3,7	4,1	3,4	3,6
Ser	4,6	4,3	4,0	4,7	5,4	5,0	4,9	5,0	7,1
Thr	2,9	3,3	3,3	3,3	3,9	3,6	3,9	3,6	3,5
Cys	2,5	1,9	2,3	2,7	1,1	1,6	2,4	2,4	1,4
Met	1,5	1,5	1,7	1,7	2,3	1,9	2,5	1,5	1,8
Asx	4,9	7,2	5,7	7,7	10,3	6,3	8,0	8,9	8,3
Glx	29,9	24,2	23,6	20,9	20,6	18,9	18,6	17,3	15,4
His	2,3	2,2	2,1	2,1	2,5	2,7	2,4	2,1	2,3
Arg	4,6	4,6	4,7	6,3	8,3	4,2	5,3	9,8	7,4
Lys	2,9	3,4	3,5	3,7	3,8	2,7	3,4	3,8	5,0
Pro	9,9	9,4	10,9	5,2	4,7	8,9	6,1	4,3	3,6
Phe	4,5	4,4	5,1	5,0	5,2	4,9	4,8	3,8	3,6
Tyr	3,0	1,9	3,1	3,3	3,5	3,8	3,2	2,4	3,4
Trp	0,9	1,0	0,9	1,1	0,8	0,7	2,0	1,4	1,5
Suma AA	96,5	92,0	94,6	93,3	101,2	97,5	98,1	93,3	89,4
Suma EAA	32,8	31,6	35,8	37,1	38,5	40,2	41,1	34,8	28,4
EAAI (%)	68	75	78	79	76	55	67	76	76
AAS (%)	44	46	54	57	57	41	53	51	54

**Pozn.:** AA = aminokyseliny; EAA = esenciální aminokyseliny; EAAI = index esenciálních aminokyselin; AAS = aminokyselinové skóre pro limitující aminokyseliny

**Tabulka III** Složení hlavních proteinů obilovin

Obilovina	Albuminy		Globuliny		Gliadiny		Gluteliny	
	%	typ	%	typ	%	typ	%	typ
Pšenice	15	leukosin	7	edestin	33	gliadin	45	glutenin
Žito	44	-	10	-	21	sekalin	24	sekalinin
Ječmen	12	-	8	-	25	hordein	54	hordenin
Oves	20	-	12	avenalin	14	avenin	54	avenin
Rýže	11	-	10	-	2	oryzin	77	oryzenin
Kukuřice	4	-	3	-	48	zein	45	zeanin

Frakci rozpustných albuminů a globulinů tvoří jednak cytoplasmatické proteiny, jednak aktivní enzymy –  $\alpha$ - a  $\beta$ -amylasy, proteasy, lipasy, fytasy, lipoxygenasy aj.

Ve vodě nerozpustné prolaminy a gluteliny tvoří obvykle 70-80% proteinů obilného zrna

(menší podíl je v žitu, naopak vyšší v kukuřici). Jsou z technologického hlediska nejvýznamnějšími proteiny cereálií. Prolaminy a gluteliny reprezentuje řada příbuzných proteinů vzájemně se poněkud lišících složením aminokyselin i strukturou (např. gliadinových proteinů bývá u každé odrůdy pšenice až ně-

kolik desítek). Pro tyto frakce obilných proteinů se vžil souhrnný triviální název „lepek“ (angl. gluten).

Gliadinové proteiny pšenice mají relativní molekulovou hmotnost 30 až 100 kDa. Obsahují velké množství glutaminu (obvykle 30-45 %), prolinu (10-30 %), naopak neobvykle málo asparagové a glutamové kyseliny, bazických aminokyselin argininu, lysinu a histidinu, sirných aminokyselin cysteinu a methioninu a tryptofanu<sup>1</sup>. Nízký obsah kyselých a bazických aminokyselin s polárními postranními řetězci je příčinou velmi omezené rozpustnosti gliadinů. Gliadiny jsou jednoduché monomerní proteiny, ve kterých se téměř nevyskytují disulfidové (-S-S-) vazby mezi řetězci polypeptidů. Pokud se vyskytují disulfidové vazby, spojují pouze různé úseky v rámci jednoho řetězce. Jednotlivé řetězce jsou vázány mezi sebou nebo s řetězci glutelinů pouze nekovalentními interakcemi, např. vodíkovými můstky nebo hydrofóbními interakcemi. Z toho důvodu ovlivňují gliadiny viskozitu a tažnost těsta, zatímco strukturně složitější gluteliny ovlivňují jeho elasticitu (pružnost).

Gluteliny mají vyšší relativní molekulovou hmotnost, obvykle se pohybuje od 30 kDa výše, nejčastěji kolem 2000 kDa. Jsou tvořeny polypeptidovými řetězci spojenými vedle vnitřních disulfidových vazeb a nekovalentních interakcí (vodíkové vazby zprostředkované nejčastěji zbytky glutaminu, dále iontové a hydrofóbní interakce aminokyselin), které jsou podobné jako u gliadinů i kovalentními disulfidovými vazbami, které spojují různé polypeptidové řetězce do polymerních makromolekul. Díky tomu vytvářejí třírozměrnou síť, která dává lepku typické viskoelastické vlastnosti.

Žito má ve srovnání s ostatními obilovinami nižší obsah prolaminů a glutelinů (viz tab. III). „Žitný lepek“ se od pšeničného liší obsahem některých aminokyselin a především zhoršenými viskoelastickými vlastnostmi. Jak již bylo uvedeno výše, kostru žitných těst na rozdíl od pšenice netvoří ani tak žitný „lepek“, ale především škrob a některé neškrobové polysacharidy, zejména hemicelulosa (pentosany).

### Přehled triviálních a systematických názvů proteinogenních aminokyselin a používaných zkratk

Triviální název	Zkratka	Jednopísmenný symbol	Triviální název	Zkratka	Jednopísmenný symbol
glycin	Gly	G	L-asparagová kyselina *	Asp	D
L-alanin	Ala	A	L-glutamová kyselina *	Glu	E
L-valin	Val	V	L-asparagin *	Asn	N
L-leucin	Leu	L	L-glutamin *	Gln	Q
L-isoleucin	Ile	I	L-lysin	Lys	K
L-serin	Ser	S	L-pyrrolysin	Pyl	O
L-threonin	Thr	T	L-arginin	Arg	R
L-cystein	Cys	C	L-histidin	His	H
L-selenocystein	Scy	U	L-fenylalanin	Phe	F
L-methionin	Met	M	L-tyrosin	Tyr	Y
L-prolin	Pro	P	L-tryptofan	Trp	W

\* Při běžném stanovení aminokyselinového složení bílkovin je prvním krokem kyselá hydrolyza. Při ní se hydrolyzuje amidová skupina glutaminu a asparaginu a tyto aminokyseliny se stanoví společně s příslušnými aminokyselinami. Proto se zavádí další symboly: Asx je společným třípísmenným symbolem pro asparagovou kyselinu a asparagin, jednopísmenným symbolem je B; podobně se pro glutamovou kyselinu a glutamin používají symboly Glx a Z.

<sup>1</sup> Pro označování aminokyselin se vedle úplných triviálních názvů často používají známé třípísmenné symboly (zkratky). Vedle toho se ještě používají jednopísmenné symboly, zejména pokud se uvádí například sekvence aminokyselin v proteinech, kde by i použití třípísmenných symbolů způsobovalo nepřehlednost. Sekvence aminokyselin se většinou uvádí v blocích po 10 aminokyselinách

### Proteiny dalších obilovin a pseudocereálií

Všechny známé obiloviny patří do stejné čeledi Poaceae (lipnicovité), pro kterou se stále ještě užívá starší označení Graminae (trávy), další botanická taxonomie je ale rozlišuje. S tím částečně souvisí odlišné složení obilného zrna a případně i poněkud odlišné fyziologické působení, včetně alergenní a imunogenní aktivity (o níž bude řeč v dalších kapitolách). Pseudocereálie patří do zcela odlišných čeledí, z nejznámějších např. pohanka (*Fagopyrum*) do čeledi rdesnovité (*Polygonaceae*), laskavec (*Amaranthus*) a merlík chilský neboli quinoa (*Chenopodium*) do čeledi laskavcovité (*Amaranthaceae*). Tomu odpovídá i odlišné složení semen. (Přehledná botanická taxonomie cereálií založená na genetické příbuznosti je uvedena ve schématu v úvodu).

Kukuřičné proteiny tvoří asi z 50% zein, který patří mezi prolaminy, 20-45% proteinů tvoří gluteliny. Výrazně nedostatkovými aminokyselinami v kukuřičném lepku jsou lysin a tryptofan. Proteiny rýže tvoří asi z 80% glutelin (*oryzenin*), prolaminy a další proteiny jsou zde minoritní složkou.

Již téměř zapomenuté nebo dříve málo známé obiloviny, např. proso a čirok, a pseudocereálie (pohanka, amarant a quinoa) se ve výživě prosazují stále častěji. Proso a čirok patří (podobně jako kukuřice a rýže) do jiné podčeledi Poaceae, pseudocereálie patří do jiných čeledí. Tyto plodiny obsahují prolaminy odlišného aminokyselinového složení než rostliny podčeledi Pooideae a jsou proto využívány jako zdroj sacharidů v bezlepkové výživě (viz dále).

Existují také obiloviny, které mají zvýšený obsah proteinů. Příkladem může být mezidruhový hybrid pšenice a žita nazvaný triticeale (název pochází z latinských názvů pšenice *Triticum* a žita *Secale*) obsahující 15-20% proteinů nebo mezidruhový kříženec pšenice a ječmene nazývaný tritordeum (lat. název ječmene je *Hordeum*), který obsahuje 19-22% proteinů. Složení proteinů těchto semen je podobné jako u mateřských rostlin.

## Obiloviny jako základní složka lidské výživy - shrnutí

**Předchozí kapitoly se podrobně zabývaly významnými chemickými složkami obilovin z hlediska jejich přirozené funkce, technologického významu ale zejména z hlediska významu jako součásti lidské výživy.**

Z tohoto hlediska lze shrnout, že obiloviny představují a také do budoucna budou představovat pro většinu lidské populace základní složku výživy, základ výživové pyramidy. Ačkoli proteiny obilovin nejsou z nutričního hlediska plnohodnotné, jejich zastoupení v naší stravě je významné. U nás jsou obiloviny zdaleka nejvýznamnějším zdrojem rostlinných proteinů a v posledních letech předstihly maso a stanuly na prvním místě mezi zdroji bílkovin vůbec. Ve velké části světa představují obiloviny dokonce naprosto výlučný a dlouhodobě základní zdroj bílkovin.

Ještě významnější je však rozsáhlá skupina sacharidů, která tvoří převažující podíl v che-

mickém složení obilných zrn (70-80% sušiny). Zcela převažujícím polysacharidem obilovin je škrob, který je pro člověka i řadu dalších živočichů jedním ze základních – ne-li zcela základním zdrojem energie. Obiloviny i u nás pokrývají největší podíl na celkovém krytí energetické potřeby v potravě. A opět ve velké části světa se jedná o její téměř jediný dostupný zdroj. Vedle škrobu jsou však přítomny sice nestravitelné, ale jak bylo podrobně popsáno výše, nutričně a fyziologicky nesmírně významné a cenné poly- a oligosacharidy, které jsou složkami vlákniny a jejichž role ve výživě a pozitivní vliv na lidské zdraví je zcela evidentní.

Obiloviny, respektive cereální produkty, bývají často dávány do souvislosti s cukrovkou druhého typu a často můžeme narazit na tvrzení o vysokém glykemickém indexu pečiva. To skutečně platí zejména u některých druhů jemného pečiva s vysokým recepturním obsahem cukru a tuku. Nebo u běžného pečiva vyrobeného ze světlých pšeničných mouk. Tyto výrobky skutečně diabetikům doporučit nelze. Ale běžné pečivo z tmavších mouk, chléb, těstoviny a zejména výrobky s vyšším obsahem vlákniny mají na glykemii vliv spíše příznivý, hodnoty GI se v těchto případech často pohybují i pod 50.

Obiloviny jistě nejsou zdaleka zdrojem všech esenciálních výživových faktorů a nutričně významných látek. Neobsahují řadu vitamínů, jejich proteiny neobsahují všechny esenciální aminokyseliny v dostatečném množství. Obiloviny obsahují relativně velmi málo tuků a, byť jsou obilné oleje (obsažené především v klíčku) bohaté na esenciální mastné kyseliny, jejich příjem pouze z obilných zdrojů by byl nedostatečný. Přesto je třeba si uvědomit, že pro velkou část lidské populace jsou jediným trvalým zdrojem energie a bílkovin i některých vitamínů.

Obiloviny lze z jídelníčku zcela vyloučit. Jako zdroj škrobu mohou sloužit například brambory nebo luštěniny, zdrojem plnohodnotných proteinů je v bohaté menšině světa maso, mléko a mléčné výrobky nebo vejce, vláknin

nu obsahuje zelenina a ovoce a již uvedené luštěniny. Navíc, jak známo, veškerou potřebu energie v lidské výživě je možné pokrýt tuky a škrob je možné úplně vyloučit, což opačně nelze.

Přesto je třeba na tomto místě konstatovat a zdůraznit, že některé složky obilné vlákniny jsou jedinečné a že cereálie, chléb a pečivo nebo těstoviny jsou velmi příznivým a pohodovým zdrojem energie, že alespoň částečné krytí energetické potřeby obilovinami je žádoucí a přirozené, neboť se jedná o zdroj, který zatěžuje trávicí trakt mnohem méně, než některé alternativní zdroje, včetně luštěnin.

A navíc, chléb, pečivo, těstoviny a pestrá škála dalších výrobků z obilovin jsou sensoricky velmi příznivé. Jsou chutné, mají charakteristickou příjemnou vůni i texturu. To není zanedbatelné, protože vedle samotných fyziologických účinků naší stravy je velmi podstatný její vliv na naši duševní pohodu. K té celé řadě cereálních produktů u drtivé většiny populace jistě přispívá.

Pravdou ovšem také je, že pro některé jedince jsou některé obiloviny, zejména pšenice, žito, ječmen či oves z různých důvodů nepříjemné. V další části této publikace se proto pokusíme shrnout objektivně proč tomu tak je a jaké obtíže mohou některé cereálie části naší populace způsobovat a jaká existují řešení.



# Zdravotní rizika spojená s obilovinami

Největší zdravotní rizika představují monomerní prolaminy a polymerní gluteliny některých obilovin (pšenice, žito, ječmene a řady odrůd ovsa). Frakce pšeničných prolaminů - gliadinů se obvykle rozdělují na 4 subfrakce -  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - a  $\omega$ -gliadiny, které obsahují ještě několik typů proteinů. Tyto subfrakce se liší složením aminokyselin, fyzikálními vlastnostmi i fyziologickým působením.  $\alpha/\beta$ -gliadiny jsou proteiny, které u disponovaných jedinců mohou vyvolat celiakii, některé  $\omega$ -gliadiny mohou vyvolávat alergickou reakci. Imunogenní aktivitu vykazují i prolaminy žita (sekalin), ječmene (hordein) a ovsa (avenin).

Kromě výše uvedených proteinů obsahují cereálie i řadu složených proteinů, zejména glykoproteiny, z nichž některé jsou prokázanými alergeny.

## Vybrané imunogenní sloučeniny obilovin

Z nealergenních nemocí spojených s příjmem obilovin je závažná především celiakie (lat. coeliac sprue). Onemocnění je vyvolané u disponovaných jedinců prolaminovou frakcí bílkovin pšenice, ječmene, žita a ovsa. Celiakii způsobují dvě sekvence aminokyselin v těchto proteinech: Pro-Ser-Gln-Gln (PSQQ) a Gln-Gln-Gln-Pro (QQQP).

Gliadinových proteinů s významnou imunogenní aktivitou je známo několik. Velmi významný je  $\alpha/\beta$ -gliadin pšenice s molekulovou hmotností 36 500 Da, který je tvořen přímým řetězcem obsahujícím 281 aminokyselin. Sekvenci aminokyselin tohoto proteinu znázorňuje obr. 2. Sekvence 15-18 a 201-204 jsou velmi stabilní a odolné vůči trávicím enzymům.

Aminokyselinové složení proteinu  $\alpha/\beta$ -gliadinu pšenice (**tab. IV**) je velmi neobvyklé, dominujícími aminokyselinami jsou glutamin a prolin. Naopak, protein obsahuje velmi málo dikarboxylových aminokyselin, bazických aminokyselin a sirných aminokyselin. Nedostatek bazických a kyselých aminokyselin způsobuje velmi slabou rozpustnost proteinu. 6 molekul cysteinu dává možnost vzniku nejvýše tří disulfidových vazeb v druhé polovině řetězce, což ukazuje na to, že v první části se v organizaci řetězce uplatňují pouze nekovalentní interakce.

Proteiny se syntetizují z proteinogenních aminokyselin jednoznačně na základě genetické informace. Z toho důvodu se u příbuzných společenstev syntetizují více či méně podobné proteiny a rozdíly bývají spíše kvantitativní, jak je vidět na příkladu gliadinů a glutelinů pšenice a žita (**viz tab. III**).

Tomu odpovídá i výskyt fyziologicky účinných proteinů vyvolávajících intoleranci lepku. Tyto proteiny se nacházejí ve všech užitkových druzích rodů Triticum, Secale a Hordeum. Patří sem z rodu Triticum pšenice setá (Triticum aestivum L. emend. Fiori et Paol.), pšenice špalda (Triticum spelta L.; syn. Triticum aestivum subsp. spelta), pšenice tvrdá (Triticum durum Desf.), pšenice polská (Triticum polonicum L.) a pšenice naduřelá (Triticum turgidum L.; Khorasan wheat); z rodu Secale se hospodářsky využívá druh Secale cereale L. a z rodu Hordeum druh Hordeum vulgare L.

Příbuznost rodu Avena s výše uvedenými rody je již vzdálenější a informace o imunogenitě

**Obr. 2** Sekvence aminokyselin  $\alpha/\beta$ -gliadinu pšenice; alergenní sekvence 13-16, 15-18, 41-44 a 201-204 jsou vyznačeny tučně

1	VRVPVPLQLP	QNPSQQQPQE	QVPLVQQQQF	LGQQQQHFPG	QQQPFPPQQP
51	YPQPQPFLPQ	LPYPQPQFPF	PQQSYPPQP	QYPQPQPIS	QQQAQLQQQQ
101	QQQQQQILQQ	ILQQQLIPCR	DVVLQQPNI	HASSQVSQQS	YQLLQQLCCQ
151	QLWQTPEQSR	CQAIHNVIIHA	IILHHQQQQQ	QQQQQQQQQQ	QQQQQQQQQQ
201	QQQPSSQVSY	QQPQQQYPSG	QGSFQPSQQN	PQAQGFVQPQ	QLPQFEEIRN
251	LALQTLPAMC	NVYIPPYCST	TIAPFGIFST	N	

**Tabulka IV** Složení aminokyselin  $\alpha/\beta$ -gliadinu pšenice

Aminokyselina	Počet jednotek	Aminokyselina	Počet jednotek	Aminokyselina	Počet jednotek
glycin	6	L-asparagová kyselina	1	L-cystein	6
L-alanin	9	L-glutamová kyselina	4	L-methionin	1
L-valin	12	L-asparagin	7	L-prolin	41
L-leucin	19	L-glutamin	111	L-fenylalanin	10
L-isoleucin	13	L-lysin	0	L-tyrosin	9
L-serin	16	L-histidin	6	L-tryptofan	1
L-threonin	5	L-arginin	4		

gliadinových proteinů a nutriční doporučení s tím související jsou poněkud kontroverzní (o ovsu je v tomto ohledu pojednáno v samostatné kapitole, viz dále). Ostatní rody a druhy čeledi Poaceae syntetizují jiné typy proteinů, které nevykazují imunogenní aktivitu.

Kromě celiakie může být s příjmem obilovin spojen i výskyt několika typů alergií. Alergie vyvolávají alergeny, kterými mohou být proteiny, sacharidy nebo nízkomolekulární sloučeniny zvané hapteny<sup>2</sup>. Alergeny získávají imunologické vlastnosti interakcí se sérovými bílkoviny organismu. Imunogenita bílkoviny je podmíněná určitou sekvencí aminokyselin a jejich konstitucí a konformací. Vedle proteinů mohou alergickou reakci vyvolat i některé polysacharidy, nejznámější jsou některé glukomannany nebo glykosylované proteiny.

Z alergií souvisejících s příjmem proteinů v obilovinách lze zmínit tzv. Wheat-dependent exercise-induced anaphylaxis (WDEIA). Tento typ alergie vyvolávají odlišné vyšemolekulární gliadiny obilovin. Nejtypičtější je tzv.  $\omega$ -5 gliadin. Jde o protein molekulové hmotnosti 53 kDa, který obsahuje 439 aminokyselin, z nichž je 220 molekul glutaminu. Alergii způsobuje typická sekvence aminokyselin Gln-Gln-Pro-Pro (QQQP).



Zmínku zaslouží další typ alergické reakce tzv. baker's asthma (profesionální asthma pekařů). Alergii vyvolává několik typů proteinů. Jedná se jednak o proteiny o molekulové hmotnosti kolem 15 kDa, které působí v zrna jako inhibitory různých enzymů, hlavně  $\alpha$ -amylas. O jejich stabilitě během technologického zpracování dosud nejsou žádné údaje. Druhým hlavním typem jsou modifikované proteiny s poněkud vyšší molekulovou hmotností - nejvýznamnější je tzv. CM 16 protein, což je glykosylovaný protein o molární hmotnosti asi 28 kDa (akronym CM značí chloroform/metanol soluble; rozpustný v chloroformu a/nebo metanolu). Vazebním místem glykosylace je amidová NH<sub>2</sub>- skupina asparaginu v místech N-terminální sekvence LQC-NGS, vázaným cukrem je l-fukosa1 (výjimečně disacharid l-fukosyl-d-xylosa).

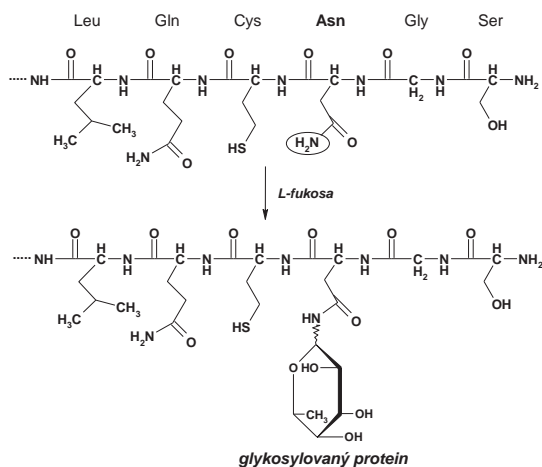
<sup>2</sup> Hapteny jsou nízkomolekulární aromatické sloučeniny, které samy nejsou imunogenní (nevyvolávají tvorbu protilátek). Jsou-li ale navázány na vysokomolekulární nosič (např. protein), jsou schopny vyvolat imunitní odpověď (tvorbu protilátek). Význam v potravinách je zanedbatelný – jako hapteny působí některé chinony (např. v máku), pyridoxin a některé dříve používané léky, např. antihypertensivum hydralazin.

Struktura tohoto proteinu (sekvence aminokyselin je znázorněna na následujícím obrázku (Obr. 3) (alergenní sekvence je zvýrazněna).

MKTFIIFVLL	AMAMNIASAS	RLLSPRGKEL	HTPQEQFPQQ	QQFPQPQQFP	50
QQQIPQQHQI	PQQPQQFPQQ	QQFLQQQQIP	QQQIPQQHQI	PQQPQQFPQQ	100
QQFPQQHQSP	QQQFPQQQFP	QQKLPQQEFP	QQQISQQPQQ	LPQQQQIPQQ	150
PQQFLQQQQF	<b>PQQQPP</b> QQHQ	FPQQQLPQQQ	QIPQQQQIPQ	QPQQIPQQQQ	200
IPQQPQQFPQ	QQFPQQQFPQ	QQFPQQEFPQ	QQQFPQQQIA	RQPQQLPQQQ	250
QIPQQPQQFP	QQQQFPQQQS	PQQQQFPQQQ	FPQQQQLPQK	QFPQPQQIPQ	300
QQQIPQQPQQ	FPQQQFPQQQ	QFPQQQEFPQ	QQFPQQQFHQ	QQLPQQQFPQ	350
QQFPQQQFPQ	QQQFPQQQQL	TQQQFPRPQQ	SPEQQQFPQQ	QFPQQPPQQF	400
PQQQFPPIYP	PQQSEEPSY	QQYPQQQPSG	SDVISISGL	439	

Zmínku zaslouží další typ alergické reakce tzv. baker's asthma (profesionální asthma pekařů). Alergii vyvolává několik typů proteinů. Jedná se jednak o proteiny o molekulové hmotnosti kolem 15 kDa, které působí v zrna jako inhibitory různých enzymů, hlavně  $\alpha$ -amylas. O jejich stabilitě během technologického zpracování dosud nejsou žádné údaje. Druhým hlavním typem jsou modifikované proteiny s poněkud vyšší molekulovou hmotností - nejvýznamnější je tzv. CM 16 protein, což je glykosylovaný protein o molární hmotnosti asi 28 kDa (akronym CM značí chloroform/metanol soluble; rozpustný v chloroformu a/nebo metanolu). Vazebným místem glykosylace je amidová NH<sub>2</sub>- skupina asparaginu v místech N-terminální sekvence LQC-NGS, vázaným cukrem je l-fukosa<sup>3</sup> (výjimečně disacharid l-fukosyl-d-xylosa).

#### Vznik a struktura CM 16 proteinu (Obr. 4):



#### Přehled chorob vyvolaných působením lepku

Choroby vyvolané působením lepku na lidský organismus mají různou etiologii, různý mechanismus vzniku a různé příznaky.

Můžeme je rozdělit na:

1. onemocnění s autoimunitní patogenezi: celiakie, Duhringova herpetiformní dermatitida a glutenová ataxie
2. onemocnění s alergickou patogenezi: alergie na pšenici
3. onemocnění s neautoimunitní a nealergickou patogenezi: neceliakální glutenová senzitivita.

Lepek ve střevním lumen je rozkládán částečně střevními bakteriemi, částečně specifickými trávicími enzymy lidského trávicího traktu (peptidázy), vazby mezi aminokyselinami lepku jsou však poměrně rezistentní a dochází ke vzniku peptidů s antigenním potenciálem. Reakce imunitního systému na lepek, který je u většiny lidí tolerován, může vést ke vzniku alergické nebo autoimunitní reakce, které jsou podkladem specifických onemocnění - viz dále.

Autoimunitní reakce vzniká u geneticky disponovaných osob, u kterých dochází ke vzniku protilátek nebo buněčné reakce proti specifickému antigenu (spouštěč), který má podobnou strukturu jako tkáň vlastního těla. Takovými chorobami mohou být například diabetes mellitus I. typu, autoimunitní thyreoiditida (Hashimotova thyreoiditida), revmatoidní ar-

<sup>3</sup> l-fukosa je monosacharid 6-deoxy-l-galaktosa. V přírodě je většinou součástí oligosacharidů, téměř se nevyskytuje v potravinách. V organismu se často nachází v okolí zánětů, kde na sebe váže leukocyty. Kromě toho, různé oligosacharidy ve kterých je vždy zastoupena l-fukosa se váží na povrchu erythrocytů a jsou odpovědné za odlišnost krevních skupin.



tritida, IgA nefropatie (Bergerova nefropatie) a další, k autoimunitním chorobám spouštěným lepem patří patří: celiakie, Duhringova herpetiformní dermatitida a glutenová ataxie.

**Celiakie** (netropická sprue, celiakální sprue, Herterova choroba)

Jedná se o autoimunitní onemocnění, při kterém dochází k poškození buněk tenkého střeva (enterocytů) imunitní reakcí, kterou spouští přítomnost lepku ve střevním lumen. Disponovaní jsou jedinci, kteří mají v genetické výbavě HLA DQ2 nebo HLA DQ8.

Celiakie se může projevit v dětství po přidání lepku do dětské stravy, případně kdykoliv v průběhu dalšího života až do stáří, nejčastěji po stressovém podnětu, který vede k poškození střevní bariéry (například operační výkon, protražovaná infekce apod.). Pokud je v lumen střeva přítomný lepek, dojde v submukose tenkého střeva ke tvorbě protilátek a vzniku reakce zprostředkované specifickými buňkami imunitního systému (T-lymfocyty). Tato reakce poškodí slizniční buňky tenkého střeva – enterocyty, dochází při to, k uvolnění tkáňové transglutaminázy, která tvoří následně s gliadinem komplexy, které celou reakci augmentují. Vzniká tak začarovaný kruh, který při konzumaci potravin obsahujících lepek, vede k poškození sliznice tenkého střeva. To může být lehké a projevit se pouze přítomností lymfocytů (bílých krvinek) ve sliznici (lamina propria mucosae), v nejtěžších stupních vede až k těžkému poškození sliznice s úplnou atrofií řas. Histologický obraz sliznice tenkého střeva se rozděluje podle Marshe a Oberhubera od stadia 0 (normální sliznice) po stadium 3 (atrofie řas), stadium 4 je popisem atrofické sliznice s vymizelou reakcí imunitního systému. Pokud dojde k úplné devastaci sliznice, dochází k poškození absorpční schopnosti střeva (=schopnosti střeva vstřebávat živiny – především tuky), k tzv. malabsorpčnímu syndromu. Dochází k poruše vstřebávání všech živin, tuků, aminokyselin, ale též k poruše vstřebávání vitaminů v tuku rozpustných, vstřebávání minerálních látek, především vápníku.

Klinický obraz celiakie se může velmi lišit od bezpříznakových forem, které jsou nejčastější a mohou se projevit až komplikacemi celiakie – viz dále, po těžké formy celiakie se

selháním střeva, které se mohou projevit celiakální krizí s rozvratem vnitřního prostředí.

Klasický obraz celiakie v dětství zahrnuje steatorhoe (větší množství objemných tukových stolic), nadýmání, bolesti břicha, neprospívání, zpomalení nebo zástavu růstu. V dospělosti se projevuje průjmem, nadýmáním, bolestmi břicha, hubnutím. Oligosymptomatická celiakie se diagnostikuje obtížněji, může se projevit jen bolestí břicha, kloubů, únavou, mohou to být příznaky chudokrevnosti, zvýšení hladiny jaterních testů, zvětšením uzlin, nadýmáním, zácpou a mnohými dalšími projevy.

Komplikace celiakie vyplývají buď z malabsorpce důležitých látek nebo z toho, že dochází k poruše střevní bariéry, která vede k zatížení organismu zvýšenou antigenní stimulací a z toho vyplývajícím zhoršením imunitního dozoru organismu (pacienti s neléčenou celiakií mají vyšší počet infekčních onemocnění, zvýšený počet nádorových onemocnění).

Patří k nim – prořídnutí kostí, neboli osteoporóza, osteomalacie, případně jejich kombinace (metabolická kostní nemoc), které mohou vést ke zvýšení rizika vzniku zlomenin končetin nebo páteře. Dále je to zvýšené riziko vzniku nádoru, porucha krevní srážlivosti, malnutrice (podvýživa), dále sterilita jak ženská, tak mužská, zvýšené riziko spontánního potratu či hypotrofičtý plod. Dochází ke vzniku intolerance mléčného cukru (laktosy). Při dlouho trvající celiakii může dojít k těžkému poškození sliznice s tvorbou vředů (ulcerativní jejunoileitida), případně selháním střeva či vznikem střevního lymfomu (nádorové onemocnění vzniklé z buněk imunitního systému – lymfocytů). Při neléčené celiakii dochází ke zhoršení imunitního dozoru a zvýšenému riziku dalších nádorových onemocnění, častější jsou infekční onemocnění.

Ke zvýšenému riziku celiakie vede přítomnost celiakie u rodinných příslušníků, ať již přímých či vzdálenějších (vzhledem ke genetické dispozici tohoto onemocnění). Častěji se celiakie objevuje u dalších autoimunitních onemocnění, jako je diabetes mellitus I. typu, autoimunitní (Hashimotova) thyreoiditida (zánět štítné žlázy), Bergerova IgA nefropatie a další. Častěji je celiakie i u pacientů s chro-

mozomálními poruchami, jako je Downův nebo Turnerův syndrom.

Prevalence celiakie je v České republice 1:100-1:200, to znamená 50-100 tisíc pacientů. V poradnách gastroenterologů je sledováno jen kolem 6000-9000 pacientů.

Diagnostika celiakie se provádí pomocí anamnézy, kdy se hodnotí příznaky pacienta, dále při klinickém vyšetření. K potvrzení diagnózy celiakie však vede přítomnost pozitivita tzv. serologických markerů – protilátek proti endomysiu, retikulinu a tkáňové transglutaminase, které sledujeme v řadách IgA i IgG, dále proti deamidovanému gliadinu. Zvýšená hladina protilátek proti gliadinu, která se užívala původně, není tak specifickým ukazatelem, má vysokou senzitivitu, tyto protilátky však mohou být částečně využívány jako pomocný ukazatel při diagnostice NCGS (nece-liakální glutenové senzitivity – viz dále).

Léčba celiakie spočívá v přísném dodržování bezlepkové diety, při které dojde k vymizení klinických příznaků, úpravě a prevenci rizika vzniku komplikací, snížení počtu stolic a následně i úpravě střevní propustnosti, resp. střevní bariéry, dochází k normalizaci hladin protilátek proti transglutaminase i nálezu na sliznici tenkého střeva. Často se normalizuje i nesnášenlivost mléčného cukru (laktosová intolerance).

### Duhringova herpetiformní dermatitida

Jedná se o projev celiakie na kůži, resp. kožní formu celiakie. Projevuje se vznikem puchýřků na kůži, typicky v oblasti kolen a loktů, ve kštici. Sliznice tenkého střeva je při Duhringově dermatidě postižena ostrůvkovitě, nikoliv plošně, jako je tomu u celiakie, proto zprvu nemusí mít pacient žádné gastrointestinální příznaky (ty nemusí mít ostatně ani u celiakie). V kůži jsou uložena depozita protilátek proti tkáňové transglutamináze 3, které lze potvrdit při imunohistochemickém vyšetření biopsie kůže.

Léčba je podobná jako u celiakie, tzn. dodržování přísné bezlepkové diety, při které dochází ke zklidnění nálezu na kůži.

V některých případech jsou indikovány léky – sulfony, které zklidní klinický stav. Nedo-držování bezlepkové diety však může vést, stejně jako u celiakie, ke vzniku komplikací výše popsaných.

### Glutenová ataxie

Jedná se o autoimunitní poškození mozečku, části mozku zodpovědné za koordinaci pohybů, spouštěné konzumací potravin obsahujících lepek. Projevuje se poruchou koordinace chůze a dalších pohybů.

Léčba je stejná jako u ostatních autoimunitních onemocnění spouštěných konzumací potravin s lepkem, a to přísná bezlepková dieta.

### Alergie na lepek, či jiné složky pšeničné a dalších mouk

Potravinové alergie jsou definované jako re-



V dětském věku může přítomnost vysoké hladiny protilátek (současně s klinickými příznaky a potvrzením odběrem jiného druhu protilátek) vést k diagnóze i bez nutnosti biopsie tenkého střeva. U ostatních dětí a všech dospělých musí diagnózu celiakie potvrdit odběr sliznice tenkého střeva (biopsie), kde se nachází různý stupeň atrofie řas a infiltrace sliznice lymfocyty (viz výše). Biopsie tenkého střeva se provádí u dětí enterobiopsií, u dospělých v průběhu gastroscopie.

akce alergického typu na antigeny obsažené v konzumované potravě. Projevují se příznaky gastroenterologickými, jako je bolest břicha, nadýmání, zvracení či průjemy, respiračním, dušnost, kašel, astmatické projevy, kožními – kopřivka či exantém na kůži a viditelných sliznicích, až k nejtěžší formě anafylaxe, která může vést až k anafylaktickému šoku se ztrátou vědomí.

Potravinové alergie mohou být atopického typu (podmíněné přítomností specifických protilátek v řadě IgE), tak neatopického, způsobeného přítomností protilátek jiného než atopického typu, případně buněk, které zprostředkovávají buněčnou reakci proti antigenu. Alergie jsou typické tím, že často stačí i minimální množství alergenu v lumen trávicího traktu, za jiných podmínek ji ani vyšší dávka specifických antigenů v potravě nevyvolá.

K alergiím způsobeným lepkem, resp. jinými složkami pšeničné mouky, řadíme baker's astma – astma pekařů způsobené vdechováním pšeničné mouky, dále gastrointestinální, kožní či respirační příznaky vyvolané konzumací potravin s přítomností lepku, případně výrobků z pšenice.

K nejzávažnějším patří WDEIA – wheat dependent exercise induced anaphylaxis – což je alergie na lepek, projevující se anafylaktickou reakcí po konzumaci potravin s lepkem a následnou fyzickou aktivitou, která vede k poškození střevní bariéry a proniknutí lepku do submukózy, kde vyvolá reakci.

Diagnostiku potravinových alergií provádí alergolog/klinický imunolog, vzhledem k tomu, že k reakci v některých případech dochází okamžitě (alergie podmíněné tvorbou IgE), jindy odloženě (až za několik dní – alergie podmíněné jiným druhem alergické reakce), v některých případech k této reakci dochází pouze po tělesné námaze. Pacient se snaží vysledovat potraviny, které by mohly vyvolat obtíže zapisováním jídelníčků. Dalším krokem je eliminační dieta, při které se z potravy vyloučí podezřelou potravinu, která obsahuje specifický antigen. Součástí diagnózy je odběr protilátek specifických pro různé potravinové alergeny, případně kožní prick test. Zlatým standardem je DBPCFC – double-blind placebo controlled food challenge – při které pacient dostává kapsličky, které obsahují stoupající

dávku antigenu, případě vodu. Dalším krokem v algoritmu diagnostiky potravinové alergie je expoziční test – s podáním potravin se specifickým antigenem (alergenem) do potravy.

Léčba spočívá ve vyřazení potravin a daným antigenem z jídelníčku. Porušení diety nevede k poškození sliznice, ale k vyvolání příznaků, mnohdy nebezpečných.

#### **NCGS (neceliakální glutenová senzitivita)**

Jedná se o poměrně novou klinickou jednotku, která byla definována v roce 2009. Jde o nesnášenlivost lepku, která má různé klinické příznaky – střevní (jako je nadýmání, bolesti břicha či průjemy) nebo celkové (jako je únava, bolesti kloubů, bolesti hlavy, deprese apod.).

NCGS je jednotka, při které má pacient obtíže po kontumaci potravin s obsahem lepku, která nespĺňujú diagnostická kritéria celiakie ani alergie na lepek: – nejsou pozitivní protilátky proti tkáňové transglutaminase, naopak asi 50% bývají pozitivní protilátky proti gliadinu ve třídě IgG, v histologickém vzorku sliznice bývá vyšší počet intraepitelálních lymfocytů, než je norma, ale méně, než odpovídá diagnostickým kritériím přítomnosti celiakie.

Na rozdíl od celiakie dochází při konzumaci potravin s lepkem pouze ke klinickým příznakům, nikoliv k poškození sliznice tenkého střeva a ke vzniku komplikací. Pacientům uleví dieta s omezením lepku, ve většině případů není nutné dodržovat tak přísnou bezlepkovou dietu jako v případě diagnózy celiakie.

Je jen velmi obtížné odlišit NCGS od psychické intolerance lepku či syndromu dráždivého tračníku (IBS – irritable bowel syndrom), jehož příznaky si pacient spojuje s konzumací potravin s obsahem lepku. Vzhledem k tomu, že bezlepková dieta je plnohodnotná, její konzumace u zdravých lidí nevyvolává nutriční karence (až již makro- či mikro-živin), není nutné tyto klinické jednotky od sebe odlišovat.

#### **Odmítání lepku zdravými lidmi**

Existuje skupina zdravých lidí, kteří z potravy vylučují lepek z důvodu přesvědčení o jeho škodlivosti. V současné době neexistují klinické studie, které by prokázaly, že by tato intervence vedla ke zlepšení zdravotního stavu jedinců konzumujících bezlepkovou dietu.

na druhé straně zvýšení konzumace vlákniny a cereálií z více vymílaných či celozrnných muk bude mít na zdravotní stav jedince rozhodně pozitivní vliv.

Je jisté, že jakékoliv dietní intervence, ať se jedná o vyloučení lepku z diety, přidání vlákniny či naopak její absence v potravě ovlivní střevní mikrobiotu daného jedince, tyto změny nepochybně mohou ovlivnit celkový zdravotní stav daného jedince. Nakolik však souvisí tyto intervence (vynechání lepku z diety či naopak jeho konzumace) se změnou mikrobiomu, která by vyvolala zdravotní obtíže, není v současné době jednoznačně prokázáno, ale jedná se o oblast intenzivně zkoumanou.

### Výživová doporučení při nesnášenlivosti lepku

**Bezlepkovou dietu** je třeba dodržovat celoživotně. **Ze stravy se musí eliminovat všechny potraviny obsahující lepek.** Zdrojem lepku ve stravě jsou obiloviny lepek obsahující - pšenice (i špalda), ječmen, žito, žitovec a oves a výrobky z těchto obilovin, jako je mouka, krupice, knedlíky, kroupy, krupky, vločky, strouhanka, běžné pečivo a chléb, těstoviny, kaše, pekařské a cukrářské výrobky, pizza, suchary, jíška, bešamel, omáčky, těstíčka, seitan (koncentrovaný pšeničný lepek) a mnohé další. Neslučitelné s bezlepkovou dietou jsou i všechny potraviny, které by mohly obsahovat lepkový zdroj ve skryté formě. Podle nových pravidel označování potravin (nařízení EU č. 1169/2011) je **povinností výrobce** přítomnost lepku **zvýraznit přímo ve složení a tím odlišit lepek či surovinu obsahující lepek viditelně od ostatní složek.** Tím se situace pro konzumenty výrazně zjednodušuje a minimalizuje se nebezpečí pro celiaky i alergiky. To platí zejména pro balené potraviny, kde by popis na obalu měl být zcela jednoznačný. Protože se však i nadále nedá zcela vyloučit nedorozumění či omyl, zejména pak u nebalených potravin, uvádíme pro úplnost hrubý výčet potravinářských výrobků, u nichž je při nákupu namísto obezřetnost – jedná se např. o většinu uzenin, konzerv, paštik, instantních výrobků, výrobků z mletého masa, kečupů, majonéz, dresinků, dochucovadel, sójových omáček, kořenících směsí, polévkových koření, kypřících prášků, pudinků, zmrzlin, obilninové kávy, cukrovinek,

piva, obilných destilátů apod. Vždy je lépe vybírat ty, na kterých je výslovně uvedeno, že lepek neobsahují, od prodejce žádat informace o složení a obsahu alergenů. Řada potravin může být lepkem kontaminována, ale i u nich by, pokud takové nebezpečí existuje, měla být potenciální kontaminace deklarována. Ačkoli je nová legislativa velmi dokonalá a, jak bylo řečeno, minimalizuje nebezpečí negativního působení lepku, nemůže zastoupit základní odpovědnost výrobce i prodejce a také odpovědnost a opatrnost na straně kupujícího.

Při přípravě stravy se obiloviny s lepkem nahrazují přirozeně bezlepkovými zdroji, jako je rýže, kukuřice, pohanka, jáhly, amarant, quinoa (merlík chilský), brambory, luštěniny. Technologická úprava potravin pro pacienty, se řídí běžnými zásadami správné výživy. Pouze při výskytu obtíží je dieta šetřící a i výběr potravin je přísnější. Zvláště se snižuje množství tuku a vylučuje mléko. K zahušťování či jiným technologickým či kulinárním úpravám lze použít kukuřičný či bramborový škrob, taktéž mouky z luštěnin nebo bezlepkových obilovin. Ze směsí z bezlepkových zdrojů lze péci bezlepkový chléb, pečivo, sladký či slaný pekařský bezlepkový výrobek nebo i uvařit knedlíky. Hotové bezlepkové směsi různého složení jsou k dostání v tržní síti. Stejně tak existuje řada hotových bezlepkových výrobků, jako např. bezlepkové těstoviny, bezlepkový chléb, bezlepkové pečivo, bezlepkové sušenky, bezlepkové instantní kaše, apod. Chléb se doporučuje péci ve formě, protože díky absenci lepku nadržuje tvar. Do bezlepkové diety rozhodně patří zelenina, ovoce, ořechy a semena jako přirozeně bezlepkové zdroje. Stejně tak čerstvé nebo sušené bylinky. Bez lepku jsou samozřejmě i tuhy, vejce, maso a ryby. Mléko a mléčné výrobky též lepek neobsahují (garance výrobce např. u ochucených jogurtů), některým jedincům může však mléko jako takové způsobovat trávicí obtíže (může se zároveň totiž objevit intolerance laktosy), o jejich konzumaci je nutno se poradit s lékařem. Uzeniny či jiné sporné potravinové výrobky, které běžně obsahují zdroj lepku, je, jak již bylo řečeno, nutné vybírat pouze v bezlepkové variantě a to s garancí výrobce. Nápoje jsou doporučovány v bezlepkové dietě dle zásad správné výživy. Rozhodně není vhodná obilninová káva ani směs černé kávy s obilninovou. Potravinová aditiva nejsou zásadním zdrojem lepku, proto

se nemusí v bezlepkové dietě řešit. Správně dodržovaná bezlepková dieta je plnohodnotná, doporučuje se individuální posouzení (možné doplnění stravy o vápník a vitamin D). Naprosto nutné je sledovat etikety na potravinových výrobcích. Pozor je též třeba dávat při přípravě pokrmů na kontaminaci kuchyňského náčiní a nástrojů z předchozího kontaktu s lepkovým zdrojem. Proto by příprava pokrmů bezlepkové diety nejlépe měla probíhat v odděleném prostoru kuchyně s vlastním náčiním.

Doporučení pro první zařazení lepku ve výživě dětí nejsou jednotná a očekávají se možné změny dle probíhajících lékařských studií. Dle doporučení Pracovní skupiny dětské gastroenterologie a výživy České pediatrické společnosti by se měl lepek poprvé podat ne dříve než po ukončení 4. měsíce věku dítěte a ne později než po ukončení 7. měsíce jeho věku. Soudí se, že je lépe, pokud s prvním kontaktem lepku, je dítě alespoň částečně kojeno. Množství lepku by se mělo zavádět do výživy dítěte postupně (od cca 6g mouky, což odpovídá 2 piškotům po postupně větší množství).

#### **Příklad jídelního lístku bezlepkové diety:**

##### **1.**

**Snídaně:** Čaj. Bezlepkový chléb. Máslo. Sýr. Paprika.  
**Přesnídávka:** Ovocný salát. Bezlepkové sušenky.  
**Oběd:** Zeleninová polévka s červenou čočkou. Krutík závitků. Dušená rýže. Ledový salát.  
**Svačina:** Bílý jogurt. Bezlepkové pečivo.  
**Večeře:** Zapečené brambory. Mrkev s jablkem.

##### **2.**

**Snídaně:** Ovocný čaj, Margarín. Tvaroh s pažitkou. Bezlepkové pečivo. Rajče.  
**Přesnídávka:** Banán.  
**Oběd:** Hovězí vývar se zeleninou a bezlepkovými nudlemi. Pečené kuře. Špenát. Brambory.  
**Svačina:** Pudink domácí. Bezlepkové pečivo. Mandarinka.  
**Večeře:** Rýžový zeleninový salát s tofu. Jablečný mošt.

#### **Oves ve vztahu k celiakii**

(příspěvek ke kontroverznímu tématu)

Oves je všeobecně považován za zakázanou obilovinu pro pacienty s celiakií, vedle pšenice, ječmene a žita patří mezi nejrozšířenější obiloviny mírného pásma. Prolaminová frakce ovsa (avenin) má středně vysoký obsah glutaminu a nízký obsah prolinu a také obsah prolaminové frakce ovsa je proti pšenici značně nižší (10 %). Z aminokyselinového složení lze usoudit, že obsah glutaminu a prolinu je proto v ovsu nižší a z tohoto důvodu se také tzv. toxické sekvence aminokyselin z pohledu celiakie u ovsa vyskytují v podstatně nižší počtu, než je tomu u pšenice, žita a ječmene. Jako hlavní tzv. toxické sekvence jsou označovány sekvence prolin-serin-prolin-glutamin a glutamin-glutamin-glutamin-prolin.

Tzv. toxické sekvence aminokyselin byly u ovsa nalezeny také, ale v podstatně nižší frekvenci v rámci celé molekuly proteinu. Tím může být dána i nízká nebo nulová intolerance aveninu u některých celiaků.

Codex Alimentarius (Codex Standard for Foods for Special Dietary Use for Persons Intolerant to Gluten) uvádí v části věnované definici glutenu, prolaminu a bezlepkovým potravinám u ovsa poznámku: „oves může být tolerován většinou osob, ale ne všemi osobami, které trpí intolerancí k lepku. Proto povolení konzumace ovsa nekontaminovaného pšenicí, žitem nebo ječmenem v potravinách, které jsou součástí tohoto standardu, budou řešeny na národní úrovni.

Otázku použití ovsa v bezlepkové dietě řeší také Nařízení Komise (ES) č. 41/2009 o složení a označování potravin vhodných pro osoby s nesnášenlivostí lepku (viz. Příloha 2)

Pro stanovení ovesného prolaminu není zatím žádný k dispozici komerčně dostupný kit. Z toho jasně vyplývá, že pokud máme oves, který není kontaminovaný pšenicí, žitem nebo ječmenem, vychází nám oves analyzovaný těmito soupravami vždy negativně a podle vyhlášky, by mohl být tento oves pacienty s celiakií konzumován. Byla provedena celá řada klinických zkoušek konzumace ovsa a bylo publikováno mnoho článků (Lundin et al. 2003; Ciclitira 2005). Této problematice se především

věnují skandinávské země, ve kterých je oves přece jenom významnější obilovinou než u nás. V různých studiích dostávali pacienti např. 15, 50 nebo 100 gramů ovsa v různých variantách. Doba konzumace se lišila od několika týdnů, měsíců až po několik let. Závěry těchto studií ukázaly, že pacienti s celiakií mohou konzumovat oves. Jedinou podmínkou je konzumace nekontaminovaného ovsa pšenicí, ječmenem nebo žitem. A tady může nastat problém, studie věnované právě kontaminaci ovsa prokázaly, že oves bývá velmi často kontaminován a to především ječmenem, pšenicí a méně žitem (Størsrud et al. 2003). Pro pacienty s celiakií to tedy znamená kupovat oves, ovesné vločky, případně další potravinářské výrobky na bázi ovsa pouze od firem, které jsou schopny zajistit naprostou čistotu těchto výrobků. Skandinávské země mají toto ošetřené a celiaci jsou velmi dobře informováni o kvalitě těchto výrobků. Oves je pro celiaky povolen i ve Velké Británii, zde se to však týká dospělých pacientů. S tímto názorem se ztotožňuje i americká dietetická společnost, kde se jednalo o doporučení pro dospělé pacienty ([www.coeliac.cz](http://www.coeliac.cz)). Pravdou je, že většina autorů těchto prací doporučuje, aby každý konkrétní pacient konzumaci ovsa konzultoval se svým ošetřujícím lékařem a také, že oves nemá být hlavní složkou bezlepkové diety ale spíše doplněním, zpestřením. V případě konzumace ovsa pacientem je také doporučena častější návštěva u lékaře a kontrola protilátek.

V letech 2012-2013 byly publikovány tři klinické studie věnované konzumaci ovsa. V první studii bylo vybráno 54 pacientů, u kterých byla prokázána celiakie biopsií. Byla naplánována konzumace 50g ovsa denně po dobu jednoho roku. U devíti pacientů se nepodařilo studii dokončit. 46 pacientů dokončilo studii, průměrně konzumovali 286g ovsa týdně. Podrobná analýza v tomto případě potvrdila bezpečnost ovsa v dietě. Bezpečnost byla prokázána nepřítomností klinických příznaků, serologickými a histologickými testy. Studie také prokázala rozdíly v antigenní stimulaci způsobenou expozicí gliadinem pšenice nebo ovsa (Coper et al. 2012). Podobná 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. U pacientů nebyly pozorovány žádné klinické příznaky, nebyla zhoršena morfologie střeva, nedo-

šlo ke zhoršení zánětu nebo zvýšení protilátek proti tkáňové transglutaminase. U některých pacientů došlo naopak ke zlepšení morfologie střeva ve srovnání s pacienty, kteří oves nekonzumovali (Kaukinen et al. 2013). Tato data potvrzují i výsledky předcházející studie, která probíhala po dobu pěti let u 23 pacientů (Jantunen et al. 2002).

Významná studie byla provedena také v Itálii, do ní 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, 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 studie prokázala, že konzumace nekontaminovaného ovsa u dětí nemá negativní vliv na změny v propustnosti střevní stěny a gastroenterologické symptomy (Gatti et al. 2013).

Možnost skutečně bezpečného zařazení nekontaminovaného ovsa do diety pro celiaky by pro ně byla jistě přínosná. Ovesné výrobky by přispívaly k rozšíření sortimentu potravin u celiaků, zlepšením nutriční hodnoty bezlepkové diety a jako zdroj potřebné vlákniny, jejíž přísun je u běžné bezlepkové diety nízký.

Vedle toho, že se vyskytují názory, že by oves neměly konzumovat děti mladší 8 let, u kterých není imunitní systém zcela vyvinut a naopak osoby starší 55-60 let, kdy již imunitní systém nefunguje zcela dokonale, existují i práce, které poukazují na to, že i avenin může působit v imunologickém systému tenkého střeva u některých jedinců stejně jako gliadin pšenice. U některých pacientů s celiakií byly stanoveny vyšší obsahy protilátek IgG a IgA proti aveninu. Jiná studie byla zaměřena na testování expozice ovsem u devíti pacientů s celiakií. Autoři studie referují, že u některých pacientů jsou T-buňky rozeznávající prolaminové peptidy, které následně způsobují zánětlivé procesy na střevní sliznici. Intolerance k ovsu může vést u pacientů, kteří drží přísnou bezlepkovou dietu a současně konzumují oves k atrofii střevních klků (Arentz-Hansen et al. 2004).

Nejnovější výzkumy (Real, 2012) ukazují, že možná jen některé kultivary ovsa lze považovat za bezpečné z hlediska intolerance lepku. Veškerá data u těchto kultivarů ale musí být ještě bezpečně ověřena

Situace je ve skutečnosti stále nejednoznačná a doporučovat konzumaci ovsa celiakům je problematické až riskantní. Proto se na základě dosavadních znalostí přidržíme tohoto stanoviska a konzumaci ovsa, ani deklarovaného jako čistý celiakům nedoporučujeme.

**Zdravotní rizika spojená s obilovinami** – shrnutí a závěry  
(Kolektiv)

Některé obiloviny mohou pro část populace představovat zdravotní riziko. Zcela nejvýznamnějším, které je spojeno specificky s obilovinami, je intolerance lepku, přesněji některých prolaminů endospermu pšenice, žita, ječmene a pravděpodobně i ovsa v případě celiakie nebo lepku, případně některých dalších proteinů i neproteinových složek v případě řady různých forem alergií.

Celiakie představuje velmi závažné celoživotní autoimunitní onemocnění, které se týká asi jednoho procenta naší populace, které má různé projevy, zpravidla poruchy gastrointestinálního traktu, ale ve vzácnějších případech i jiné. Jedinou léčbou je v tomto případě dodržování přísné bezlepkové diety, která vede k úplnému vymizení klinických příznaků i obnově poškozených střevních sliznic.

Alergie na výše uvedené složky obilovin různého typu se týkají několika procent populace a je pravděpodobné, že jejich výskyt, tak jako je tomu u alergií obecně, bude narůstat. Klinické příznaky těchto alergií jsou rozmanité a různě závažné a nemusejí vždy znamenat nutnost celoživotní striktní bezlepkové diety, jako je tomu v případě celiakie.

Pro pacienty trpící celiakií nebo závažnými formami alergií spojených s lepkem jsou k dispozici bezlepkové suroviny a výrobky z nich. (O těchto surovinách pojednává další kapitola.) Sortiment bezlepkových výrobků se zvyšuje a stává se pro osoby trpící těmito chorobami stále lépe dostupný.

Oves je někdy považován za obilovinu, která může být, pokud není kontaminována jinými obilovinami (pšenicí, žitem, ječmenem) celiakii tolerována. Zdá se však, že tento názor není dostatečně prokazatelný a proto se zodpovědná nutriční terapie, stejně jako naše závěry, řídí zásadou, že oves do jídelníčku celiaků nepatří.

Většinová populace, která netrpí výše uvedenými nemocemi, může lepek konzumovat bez obav. Negativní vliv lepku na zdraví většinové populace nikdy nebyl jakkoli prokázán. To znamená, že vyloučení lepku z jídelníčku nepřináší zdravému jedinci žádný prokazatelný benefit.



## Použitá literatura

Arentz-Hansen, H., Fleckenstein B., Molberg Ø., 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, 084–092.

Barone M.V., Troncone R., Auricchio S. (2014): Gliadin peptides as triggers of the proliferative and stress/innate immune response of the celiac small intestinal mucosa. *International Journal of Molecular Sciences* 15, 20518-20537.

Ciclitira P.J., Lundin K.E.A. (2005): Gluten-free diet – what is toxic?, *Best Practice and Research Clinical Gastroenterology* 19, 359–371.

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.

Cornell H. J. (1996): Coeliac disease: A review of the causative agents and their possible mechanisms of action. *Review Article. Amino Acids* 10, 1-19.

Doležal J. (2009): Tráva s trojím věnem. *Vesmír* 9.

Dotlačil, L., Hermuth, J., Stehno, Z., Faberová, I. (2009): Výběr donorů významných znaků z krajových a starých odrůd pšenice. In: *Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin. VÚRV Praha.*

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. Guandalini S., Assiri A. (2014): Celiac disease: a review. *JAMA Pediatrics*, 168.

Hauser M., Egger M., Wallner M., Wopfner N., Schmidt G., Ferreira F. (2008): Molecular Properties of Plant Food Allergens: A Current Classification into Protein Families. *The Open Immunology Journal* 1, 1-12.

Hoffmanová I., Sánchez D. (2015): Neceliakální glutenová senzitivita. *Vnitřní lékařství*, 61, 219-27.

Christensen M.J., Eller E., Mortz C.G., Bindslev-Jensen C. (2014): Patterns of suspected wheat-related allergy: a retrospective single-centre case note review in 156 patients. *Clinical and Translational Allergy* 21, 39.

Janatuinen, E.K.; Kemppainen, 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.

Kaukinen K., Collin P., Huhtala H., Mäki M. (2013): Long-Term Consumption of Oats in Adult Celiac Disease Patients. *Nutrients* 5, 4380–4389.



Kissing Kucek L., Veenstra L.D., Amnuaycheewa P., Sorrells M.E. (2015): A Grounded Guide to Gluten: How Modern Genotypes and Processing Impact Wheat Sensitivity. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 14, 285-302.

Kohout P., Pavlíčková J. (2010): Otázky kolem celiakie. Víte si rady s bezpečnou dietou. *Forsapi, Praha*, 132.

Lundin K.E.A., Nilsen E.M., Scott H.G., Løberg E.M., Gjøen A., Bratlie J., Skar V., Méndez E., Løvik A., Kett K. (2003): Oats induced villous atrophy in coeliac disease. *Gut* 52, 1649-1652.

Morita E., Matsuo H., Chinuki Y., Takahashi H., Dahlström J., Tanaka A. (2009): Food-dependent exercise-induced anaphylaxis. Importance of omega-5 gliadin and HMW-Glutenin as causative antigens for wheat-dependent exercise-induced anaphylaxis. *Allergy International* 58, 493-498.

Murray J.A. (1999): The widening spectrum of celiac disease. *American Journal of Clinical Nutrition* 69, 354-65.

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům

Nařízení Komise (ES) č. 41/2009 o složení a označování potravin vhodných pro osoby s nesnášenlivostí lepku

Peräaho M., Collin P., Kaukinen K., Kekkonen L., Mietinen S., Mäki M. (2004): Oats can diversify a gluten-free diet in celiac disease and dermatitis herpetiformis. *Journal of the American Dietetic Association* 104, 1148-1150.

Příhoda J., Humpolíková P., Novotná D. (2003): Základy pekárenské technologie. *Pekař cukrář s.r.o., Praha*.

Příhoda J., Skřivan P., Hrušková M. (2003): *Cereální chemie a technologie I. VŠCHT Praha*.

Real A., Comino I., de Lorenzo L., Merchan F., Gil-Humanes J., Gimenez M.J., Lopez-Casado M.A., Torres M.I., Cebolla A., Sousa C., Barro F., Piston F. (2012): Molecular and immunological characterization of gluten proteins isolated from oat cultivars that differ in toxicity for celiac disease. *PLOS ONE* 7 (12), Article Number: e48365.

Rosell C.M., Barro F., Sousa C., Mena M.C. (2014): Cereals for developing gluten-free products and analytical tools for gluten detection. *Journal of Cereal Science* 59, 354-364.

Sathe S.K., Teuber S.S., Roux K.H. (2005): Effects of food processing on the stability of food allergens. *Biotechnology Advances* 23, 423-429.

Shewry P.R., Sayanova O., Tatham A.S., Tamasi L., Turner M., Richard G., Hickman D., Fido R., Halford N.G., Greenfield J., Grimwade B., Thomson N., Miles M., Freedman R., Napier J. (1995): Structure, Assembly and Targeting of Wheat Storage Proteins. *Journal of Plant Physiology* 145, 620-625.

Simonato B., Pasini G., Giannattasio M., Peruffo A.D.B., De Lazzari F., Curioni A. (2001): Food allergy to wheat products: The effect of bread baking and in vitro digestion on wheat allergenic proteins. A study with bread, dough, crumb, and crust. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49, 5668-5673.

Størsrud S., Yman Malmheden I., Lenner R.A. (2003): Gluten contamination in oat products and products naturally free from gluten, *European Food Research and Technology* 217, 481-485.

Špaldon E. (1982): *Rastlinná výroba. Příroda*, Bratislava.

Štiková O., Mrháčková I. (2014): Vývoj a analýza nutričního hodnocení spotřeby potravin v ČR. *Výživa a potraviny* 1.

Tanabe S., Watanabe J., Oyama K., Fukushi E., Kawabata J., Arai S., Nakajima T., Watanabe M. (2000): Isolation and characterization of a novel polysaccharide as a possible allergen occurring in wheat flour. *Bioscience, Biotechnology & Biochemistry* 64, 1675-1680.

Tatham A. S., Shewry P. R. (2008): Allergens in wheat and related cereals. *Clinical and Experimental Allergy* 38, 1712-1726.

Tatham A. S., Shewry P. R. (2012): The S-poor prolamins of wheat, barley and rye: Revisited. *Journal of Cereal Science* 55, 79-99.

Tsuji H., Kimoto M., Natori Y. (2001): Allergens in major crops. *Nutrition Research* 21, 925-934, 2001.

Velíšek J., Hajšlová J. (2009): *Chemie potravin I. a II. díl. VŠCHT Praha*.

Verdu E.F., Armstrong D., Murray J.A. (2009): Between celiac disease and irritable bowel syndrome: the „no man's land“ of gluten sensitivity. *The American Journal of Gastroenterology* 104: 1587-94.



# Příloha 1: Bezlepkové suroviny v pekárenských výrobcích

Objem výroby bezlepkových pekárenských výrobků i směsí pro domácí pečení stále narůstá, rozšiřuje se i škála vhodných surovin. Mezi tradiční bezlepkové suroviny se řadí rýže setá (*Oryza sativa*), kukuřice setá (*Zea mays*), proso seté (*Panicum miliaceum*), pohanka setá (*Fagopyrum esculentum*), sója luštinatá (*Glycine max*), brambor hlíznatý, rozšířilo se i používání lupiny (*Lupinus angustifolius*, *Lupinus albus*). Jako součást výrobků mohou být v menším množství (kvůli výrazné chuti) přidávány i mouky z luštěnin, zejména z cizrny (*Cicer arietinum*), hrachu setého (*Pisum sativum*), čočky jedlé (*Lens culinaris*) a fazolu obecného (*Phaseolus vulgaris*).

Nutričně bohatými a chuťově zajímavými jsou v Evropě dříve nevyužívané „dávné plodiny“ z Afriky, Jižní Ameriky a Asie jako je quinoa, teff a amarant. V USA je široce využíván širok zrnový.

## Rýže

Rýže setá (*Oryza sativa*) je travina, pocházející z tropických oblastí Afriky a zejména Asie, v Číně byla domestikována před 8200-13500 lety. Je z hlediska objemu produkce nejrozšířenější světovou obilovinou.

Dalším pěstovaným druhem je rýže africká (*Oryza glaberrima*) pěstovaná v povodí Nigeru. Na trhu se vyskytuje více odrůd rýže, lišících se tvarem a délkou zrna, jeho úpravou apod. Pro bezlepkové pekařské výrobky je vhodná mouka z pololoupané rýže ve směsi s moukou z rýže loupané. Nutričně nejbohatší je „indiánská rýže“ s úzkými dlouhými černými obilkami, má sušinu 92%, obsahuje kolem 77% sacharidů, až 15% bílkovin, vlákniny 6%,

z prvků zinek, draslík, hořčík, železo a vitaminy skupiny B (kyselina listová, B2, B3, B6). Vyrábí se rovněž rýžový koncentrát (80% bílkovin) včetně koncentráty z hnědé rýže (70% bílkovin).

## Kukuřice

Kukuřice setá pravá (*Zea mays* subsp. *mays*) je po rýži nejpěstovanější bezlepkovou obilninou. V Jižní i Severní Americe byla domestikována již před 5600 lety. Pěstuje se více druhů kukuřice, např. cukrová (vyšší



obsah sacharosu), pukancová (s tuhou slupkou), škrobnatá (vyšší obsah amylosy), vosková (vyšší obsah amylopektinu).

Kukuřičné zrno má v průměru sušinu téměř 90%, 75-80% sacharidů, 9-10% bílkovin (nejsou plnohodnotné kvůli nedostatku esenciálních aminokyselin lysinu a tryptofanu). Obsah vlákniny je přes 7%, z nutričně významných minerálních látek obsahuje selen, draslík, železo a zinek a dále vitaminy skupiny B (B1, B3, B2).

Žluté zrno obsahuje i β-karoteny, vitamin A a karotenoid lutein. Tuku je v zrnu kukuřice vyšší množství až 5%, z toho monoenoových mastných kyselin (MUFA, Mono Unsaturated Fatty Acids) průměrně 1,3% a polyenoových (PUFA, Poly Unsaturated Fatty Acids) kolem 2,2%.

Povaření kukuřice s vápnem nebo jinou zásaditou látkou (např. při výrobě mouky na tortily), pomáhá k oddělení slupky, zvyšuje biologickou dostupnost tryptofanu a niacinu, zvyšuje nutriční hodnotu kukuřice a činí ji chutnější a stravitelnější. Bezlepkovým pe-

ván před více než 4000 lety, odkud se dostal do Indie a Pákistánu. V současnosti se pěstuje hlavně v USA, Nigérii, Indii a Mexiku. V Africe, Asii a Latinské Americe je hojně využíván jako potravina.

Čirok obsahuje 12% bílkovin, které však podobně jako ostatní obiloviny mají nízký obsah esenciální aminokyseliny lysinu. Obsah tuku je přes 3%, z čehož je 1% MUFA a téměř 1,5% PUFA. Obsah vlákniny je 6%, obsahuje větší množství vitamínu B6, menší množství B3, B1 a B2. Z minerálních látek má vysoký obsah hořčíku, vyšší obsah železa a draslíku. Mouku z loupaného bílého zrna lze použít v bezlepkové chlebové směsi v podílu 60% i výše. Obsah taninů (které mají antinutriční účinky a hořkou chuť) nesmí přesáhnout 10%. Odrůdy s tmavým zrnem je nutné zbavit slupek, obsah taninů se sníží i fermentačními postupy.

#### **Pohanka setá**

Pohanka setá (*Fagopyrum esculentum* Moench) je jednoletá dvouděložní, teplomilná rostlina, která patří do čeledi rdesnovitých (Polygonaceae).

Tato pseudoobilovina se na našem území hojněji pěstovala od 16. století a to zejména v horských oblastech a na chudých půdách. Pohanka patřila v minulosti k významným plodinám, v některých regionech byla velmi oblíbená a tvořila součást každodenní stravy obyvatel. Postupně však její význam klesal. Renaissance nastala v 90. letech 20. století v souvislosti s jejím uplatněním v ekologických systémech hospodaření. Nažky jsou zdrojem kvalitních bílkovin s vysokým obsahem esenciálních aminokyselin, hlavně lysinu a vynikají vysokým obsahem vitamínů, zejména skupiny B, vitamínu C a E, minerálních látek, zejména hořčíku, draslíku, fosforu a některých mikroprvků (např. měď, zinek a selen).

Nejvíce je pohanka ceněna jako bezlepková surovina a přírodní zdroj bioflavonoidu rutinu. Rutin je významná látka, která má velice příznivé účinky na zvýšení pružnosti cév, na léčbu

kařským výrobkům dodává kukuřičná mouka ze žlutého zrna příjemnou barvu, je vhodné ji kombinovat s dalšími surovinami.

#### **Proso**

Proso seté (*Panicum miliaceum*) je travina patřící k nejstarším kulturním plodinám. Jeho pěstování započalo již na samém počátku neolitu v Mandžusku a Mongolsku, bylo jednou z hlavních plodin pěstovaných Slovany. V pekárenství se používá loupané zrno – jáhly. Jáhly obsahují přes 90% sušiny, 10-11% bílkovin s nízkým obsahem lysinu, 4% tuku, z čehož 0,8% tvoří MUFA a 2,1% PUFA. Mají vysoký obsah vlákniny až 12%, z minerálních látek je zastoupeno železo (2,9 mg/100g) a zinek (1,7 mg/100g). Jsou přítomny vitaminy skupiny B (foláty, B1, B3, B2, B6).

#### **Čirok zrnový**

(*Sorghum bicolor* var. *Eusorghum*)

Pochází ze střední Afriky, kde začal být využí-



oběhových problémů a aterosklerózy, na snížení krevního tlaku a má stimulační vliv na využití vitamínu C v organismu. Obsah rutinu v pohance je závislý na genotypu, podmínkách pěstování, vývojové fázi, části rostliny a ročníku.

Do bezlepkového chleba lze přidávat krupky i mouku v množství 10-30% na suchou směs, vynikající jsou pohankové slady, hvozděné při 55 °C, a karamelové slady hvozděné při 105 °C, v přídávku 10-20%. Bezlepkové výrobky je možné obohatit též bílkovinami pohankového koncentráту.

### **Pohanka tatarská, tatarka**

Pohanka tatarská (*Fagopyrum tataricum* Gaertn) je příbuzná více známé a používané pohance seté. Tatarka je však odolnější vůči chladu a suchu, je schopná lépe využívat minerální látky z půdy a je vhodná pro pěstování v okrajových zemědělských oblastech. Její původní vlastí je východní Asie, pěstuje se ve vysokohorských oblastech Číny, Nepálu, Indie a Japonska, kde je schopna vegetace až do nadmořské výšky 4400 m n. m. Může být využita jako medonosná rostlina.

V chemickém složení je významný zejména vyšší obsah rutinu oproti klasické pohance. Nať tatarky obsahuje v sušině až 3% rutinu a v nažkách bylo nalezeno 0,8-1,7% rutinu v sušině. Oproti pohance seté je zde i vyšší obsah vitamínů skupiny B. V oblastech tradičního pěstování je tatarka využívána jako listová zelenina, jako surovina pro přípravu mouky, na přípravu místního piva i jako léčivá rostlina. Mouka z tatarky obsahuje v sušině asi 10% bílkovin, 1,8% popela, 2,5% tuku a 6% vlákniny potravy. Mouka se může v omezené míře (cca 20%) přidávat do pečiva nebo těstovin. Hlavní těžiště využití tatarky však zatím zůstává v léčebné oblasti a v kosmetice.



### **Quinoa**

Quinoa, merlík čilský, (*Chenopodium quinoa*) patří také do skupiny pseudoobilovin. Již před 5000 roky ji využívali jako potravinu Inkové v pohoří And na území dnešního Peru a Chile, název znamená „matka zrno“. Po kolonizaci těchto oblastí její pěstování upadlo. Od 70. let minulého století je opět pěstována zejména na vývoz hlavně v Bolívii a Peru. Je označována za „superpotravinu“. Semena mohou mít různou barvu – žlutou, oranžovou, červenou, hnědou, fialovou, černou. Jsou pokryta pryskyřičnatým povlakem, obsahujícím hořké saponiny, takže musí být obroušena nebo máčena, potom jsou semena bílá.

Semena mají vysoký obsah plnohodnotných bílkovin (14 %), obsahujících všechny esenciální aminokyseliny. Jejich tuk, kterého obsahují 6%, tvoří přes 3% PUFA a téměř 2% MUFA. Vlákniny je v semenech obsaženo 6%, vysoký je i obsah vitamínů skupiny B (B1, B2, B6 a kyseliny listové). Z minerálních látek je ve větším množství přítomný hořčík, draslík a zinek.

Mouka z quinoj je vhodná jak pro slané, tak

sladké pekařské výrobky v množství 20-30 % v suché směsi.

### **Teff**

Teff (*Eragrostis tef*) je travina pocházející z Etiopie, kde byla domestikována před více než 8000 lety. V Etiopii dodnes slouží jako potravinová a je pěstována ve velkém měřítku. Barva semen je od smetanově bílé přes červenou po černou.

Semena mají vysokou nutriční hodnotu, obsahují hodnotné dobře stravitelné bílkoviny s vysokým obsahem lysinu, bohaté na methionin a cystin. Obsah bílkovin je 13%, tuku přes 2%, vlákniny 8%. Je zdrojem vitaminů B1, B6, B3. Z minerálních látek je významný obsah železa, hořčíku, zinku, draslíku. Do pekařských výrobků lze přidávat až 30 % teffové mouky na suchou směs.

### **Laskavec (amarant)**

Tato pseudoobilovina pochází ze Střední Ameriky, byl pěstován Aztéky a Inky na území Mexika, Quatemaly a Peru již před třemi tisíciletími. Pro produkci semen jsou nejvíce využívány druhy *Amaranthus hypochondriacus* L., *Amaranthus caudatus* L. a *Amaranthus cruentus* L.

Laskavec (amarant) je v našich podmínkách jednoletá bylina z čeledi laskavcovitých (*Amaranthaceae*). Jedná se většinou o mohutné rostliny až 2 m vysoké, s vejčitými listy a květy v klubičkách uspořádaných do klasů nebo lat. Plody jsou drobné nažky velikosti do 1,7 mm, hnědé, černé a u kulturních odrůd béžové barvy.

Laskavec je plodina původně teplomilná, která s výjimkou počátečního vývoje poměrně dobře snáší nedostatek vláhy v průběhu vegetační sezóny. Rostliny však nejsou mrazuvzdorné. Výhodou laskavce je, že se jeho pěstování daří i v méně úrodných a zasolených půdách. Laskavec je rostlina všestranného využití. Podařilo se prosadit pěstování laskavce na zrno a na trhu se objevily výrobky obsahující mouku z laskavce nebo upravené zrno. Využívají se tak zejména kulturní formy *A. cruentus*, *hypochondriacus* a *caudatus*.

Laskavec má ve srovnání s obilovinami vyšší výživovou hodnotu v důsledku vyššího obsahu bílkovin, tuku, některých vitaminů a minerálních látek a vlákniny. Biologická hodnota bílkovin laskavce je vyšší než u běžných obilovin vzhledem k vyššímu obsahu esenciálních aminokyselin lysinu, který je u obilovin limitující aminokyselinou. Laskavec neobsahuje lepek, a proto výrobky z amarantové mouky mohou konzumovat i lidé trpící celiakií.

Unikátní je složení lipidového podílu laskavcového zrna. Vedle nenasycených mastných kyselin s převahou kyseliny olejové a linolové obsahuje laskavcový olej až 8 % skvalenu. Tato látka s antioxidačními účinky podporuje imunitní systém a regenerační schopnosti organismu. Další užití má skvalen při výrobě kosmetiky. Škrob izolovaný z laskavce má velmi malá zrna a vysoký obsah amylopektinu. Do potravinářských výrobků vnáší takový škrob jemnou a krémovitou texturu, soudržnost a stabilitu.

Sortiment výrobků z laskavce se pomalu rozšiřuje, výrobky jsou většinou označovány jako „amarantové“. V prodeji je celé zrno, které má však omezené použití, nebo zrno pufované. Pufované zrno se přidává do cereálních müsli směsí, müsli tyčinek a pufovaných chlebů. Celozrnná laskavcová – amarantová mouka je v maloobchodním prodeji k dispozici samostatně nebo ve směsích na přípravu pečiva. Tyto výrobky jsou často určeny pro bezlepkovou dietu. Ve výrobě se amarantová mouka přidává v množství cca 10 % do speciálních druhů chleba, pečiva a do sušenek. Ve směsi s kukuřicí nebo rýží je možno amarantovou mouku zpracovávat extruzí. Vedle křupek a potahovaných nebo jinak ochucených kuliček se extruzí získají instantní a zahušťovací směsi. V nabídce je i amarantová mouka odtučněná. Na trhu se objevily také amarantové těstoviny v bezvaječné variantě. Vedle klasických potravin je možno hlavně v prodejnách zdravé výživy a v lékárnách zakoupit doplňky stravy vyrobené z laskavce. Jedná se o vlákninové koncentráty ze zrna i z biomasy, amarantový olej se skvalenem, čaj s přísadkou listů laskavce nebo extrakty z listů s obsahem bioflavonoidů a vitaminu C. Do směsí lze použít amarantovou mouku až do 30 % hmotnosti suché směsi.

### Sója

Sója luštinatá (*Glycine max*) je olejnína (podle FAO), dřívě luštěnina. Pochází z východní Asie a její plody jsou široce využívány. Mají vysoký obsah bílkovin – 36,5% při sušině 91,5%, nízký obsah sacharidů 30%; obsah vlákniny zpravidla přes 9% a tuků 20% je vysoký. Tuky tvoří 4,4% MUFA a 11,3% PUFA. Sója je i bohatým zdrojem železa, draslíku, hořčíku, selenu, obsahuje rovněž vápník. Jsou přítomny vitaminy skupiny B – foláty, B1, B2, B6, přírodní emulgátor lecitin a fytoestrogeny. V pekárenství je využívána zejména odtučněná sójová mouka, sójové vločky, lecitin, sójový izolát s 90% bílkovin a sójový koncentrát (70% bílkovin). Nevýhodou sóji jsou její alergenní účinky na disponované jedince.

### Lupina

Jedná se o jednoletou bylinu z čeledi bobovitých (*Fabaceae*). Pro potravinářské využití se pěstují lupina bílá (*Lupinus albus*, white lupin), lupina žlutá (*L. luteus*, yellow lupin), lupina úzkolistá (*L. angustifolius*, blue lupin) a lupina andská (*L. mutabilis*, pearl or tarwi lupin). Lupina je pro potravinářství využívána ve formě surové i tepelně stabilizované mouky, šrotu, granulátu, vlákniny, bílkovinných koncentrátů a izolátů. Dále jsou některé složky využívány jako emulgátory, pěnotvorné látky, přísady zvyšující vaznost nebo tvořící gel, tj. jako náhrada vajec, másla, mléka.

Lupina má vhodné technologické vlastnosti, neutrální chuť, příjemnou barvu a vhodné nutriční složení. Semena lupiny obsahují 15-45% bílkovin, 40% vlákniny potravy, 1-2% sacharidů, 10-20% tuku s vysokým obsahem kyseliny linolové a linolenové. Z minerálních látek je nejvíce zastoupen hořčík a draslík, dále železo a v menším množství vápník. Lupina obsahuje velké množství kyseliny listové, má vyšší obsah vitamínu B1 a nižší obsah vitamínů B2, B6, B3.

Přidává se v množství až 20% do snacků, těstovin, chleba, sušenek, kávy, vegetariánských výrobků, instantních výrobků, bezlepkových výrobků. V pekárenství je používána lupinová mouka buď nativní, nebo chutnější tepelně ošetřená, která plně sensoricky i technologicky nahrazuje mouku sójovou. Využívané jsou též lupinové izoláty a koncentráty. I lupina může mít na disponované jedince alergenní účinky.

### Cizrna beraní

Cizrna beraní (*Cicer arietinum* L.) je teplomilná luštěnina vhodná i do sušších oblastí. Rozlišují se dva typy cizrny. Jeden je charakteristický tmavými a menšími semeny, druhý tvoří větší semena smetanově bílé barvy.

V minulosti se pěstovala na jižní Moravě a na Slovensku. Konzumována jsou celá zrna nebo se připravuje cizrnová mouka. Ve Středomoří se připravuje kaše nebo pražená cizrna. Je možné ji vařit jako samostatnou přílohu. Pražená cizrna se přidávala do kávy.

Cizrna obsahuje 15-30% bílkovin s vysokým obsahem lysinu. Tuk tvoří 6-7%, množství vlákniny se pohybuje mezi 5-19%. Cizrna je bohatým zdrojem vápníku a železa. Stejně jako ostatní luštěniny obsahují i semena cizrny antinutriční látky nepříznivě ovlivňující stravitelnost. Jejich účinky je možné eliminovat namáčením a tepelným zpracováním semen.

### Hrách

Hrách setý (*Pisum sativum*) je luštěnina v Evropě známá od neolitu. Obsah sušiny je přes 90%, vysoký obsah bílkovin přes 20% (ovšem s nízkým obsahem methioninu) a vlákniny přes 15%, zbytek tvoří převážně sacharidy, z toho jednoduchých cukrů bývá kolem 8%. Z vitamínů jsou nejvíce zastoupeny kyselina listová a vitamín B1, v menším množství vitamín B2 a K. V pekárenství je využívána hrachová mouka a hrachový izolát (až 85% bílkovin).

### Fazole

Fazole (*Phaseolus*) pocházejí z Ameriky, zejména Mexika z doby před objevením Ameriky. Rod zahrnuje více než 50 druhů, v ČR se pěstuje fazol obecný (*Phaseolus vulgaris*) a šarlatový (*Phaseolus coccineus*).

Fazole jsou bohaté na vlákninu (15%) při sušině až 90% a bílkoviny (neplnohodnotné) (přes 20%). Sacharidů obsahují fazole přes 60%, tuku velmi malé množství, méně než 1%. Z minerálních látek je vysoký obsah železa, draslíku, hořčíku, nižší je obsah vápníku a zinku oproti ostatním luštěninám. Největší podíl vitamínů zaujímá kyselina listová, nižší je obsah B1, B2 a B3.

Fazolovou mouku lze použít jen jako složku pekařských, vyrábí se i fazolový koncentrát.



### **Čočka**

Čočka jedlá (*Lens culinaris*) pochází z přední Asie, kde byla využívána již od neolitu. Semena této luštěniny mohou být žlutá, červená, zelená, hnědá, černá a liší se i velikostí.

Má vysoký obsah bílkovin – přes 20 % a vlákniny 15 % při sušině 90 %. Sacharidů obsahuje přes 60 %, obsah tuků je nízký kolem 1 %. Z minerálních látek obsahuje železo, zinek a draslík. Z vitaminů je nejvyšší obsah kyseliny listové a B1, obsah B2 a B6 je nižší.

Mouku lze použít jako přídavek do směsí.

### **Brambory**

Bramborová mouka obsahuje nízký podíl bílkovin - 7%, tuku cca 0,3%, vysoký podíl škrobu 80% a má nižší obsah vlákniny 4% při sušině přes 90%. Z minerálních látek obsahuje vysoké množství draslíku, z vitaminů má vyšší obsah B6 a nízký obsah B3 a B1.

Nevýhodou brambor může být jejich obsah alkaloidů solaninu a chakoninu, které se vyskytují zejména pod slupkou a jejichž obsah se zvyšuje účinkem slunečního světla na skladované hlízy. Obsah solaninu je u moderních odrůd nižší než 0,2 mg/g, částečně se rozkládá při teplotách vyšších než 170°C.

Výhodou využití bramborové mouky v pekárenství je její příjemná chuť, z texturního hlediska ji lze použít jen v omezené míře jako jednu ze složek bezpečkových směsí.



## Příloha 2: Legislativa

Pro vysvětlení legislativy je potřeba definovat některé pojmy:

Lepek (gluten) je směs prolaminových a glutelinových bílkovin, které se nacházejí společně se škrobem v endospermu obilovin a to konkrétně pšenice, žito, ječmene, ovsa nebo jejich zkřížených odrůd. Prolaminové a glutelinové frakce bílkovin se nacházejí i v ostatních obilovinách či pseudoobilovinách, ale označení „lepek“ platí jen pšeničné, ječné, žitné a ovesné frakce těchto bílkovin.

Codex Alimentarius (Codex Standard for Foods for Special Dietary Use for Persons Intolerant to Gluten) definuje lepek a prolaminu následovně:

- a) gluten (lepek) je bílkovinná frakce pšenice, žito, ječmene a ovsa1 a jejich zkřížených odrůd a derivátů, na kterou mají některé osoby nesnášenlivost a která je nerozpustná ve vodě a v 0,5 mol/l roztoku NaCl
- b) prolaminu jsou frakce glutenu, která je extrahovatelná 40-70% roztokem etanolu, (prolaminu pšenice se označují jako gliadin, žito sekalin, ječmene hordein a ovsa avenin). Gluten obsahuje 50% prolaminů.

Bezlepkové potraviny jsou v Codexu Alimentarius (dále „Codex“) definovány takto:

- a) jsou složeny nebo vyrobeny z jedné nebo více složek, které neobsahují pšenici (tj. všechny druhy Triticum jako pšenice tvrdá, špalda a kamut) žito, ječmen, oves1 a z jejich zkřížených odrůd; hodnota glutenu (lepku) ve finální potravine nepřevyšuje 20 mg/kg potraviny určené k prodeji nebo distribuci spotřebiteli a/nebo
- b) jsou složeny z jedné nebo více složek z pšenice (tj. všechny druhy Triticum jako pšenice tvrdá, špalda a kamut) žito, ječmene, ovsa1 a z jejich zkřížených odrůd, které byly speciálně upraveny tak, že byl lepek odstraněn a že hodnota glutenu ve finální potravine nepřevyšuje 20 mg/kg potraviny určené k prodeji nebo distribuci spotřebiteli.

Dále je v Codexu definována další kategorie potravin:

Potraviny speciálně zpracované tak, že byl u nich snížen obsah lepku na hodnoty od 20 do 100 mg/kg potraviny určené k prodeji nebo distribuci spotřebiteli.

- c) Tyto potraviny jsou složeny z jedné nebo více složek z pšenice (tj. všechny druhy Triticum jako pšenice tvrdá, špalda a kamut) žito, ječmene, ovsa1 a z jejich zkřížených odrůd, které byly speciálně upraveny tak, že byl obsah lepku snížen na hodnotu od 20 do 100 mg lepku/kg potraviny určené k prodeji nebo distribuci spotřebiteli.

Rozhodnutí o prodeji výrobků popsaných v této kategorii potravin by mělo být dáno na národní úrovni.

**Definice lepku ze standardu Codexu Alimentarius je použita i v nařízení Komise (ES) č. 41/2009. Podle tohoto předpisu jsou rozlišovány dvě kategorie potravin:**


**Bez lepku** - 20 mg lepku /kg potraviny ve stavu, v němž je prodávána konečnému spotřebiteli.

**Velmi nízký obsah lepku** - 100 mg lepku / kg potraviny ve stavu, v němž je prodávána konečnému spotřebiteli.

Oves obsažený v potravinách pro osoby s nesnášenlivostí lepku musí být speciálně vyroben, připraven a/nebo zpracován tak, aby bylo zamezeno kontaminaci pšenicí, žitem, ječmenem nebo jejich kříženci, přičemž obsah lepku v ovsu nesmí být vyšší než 20 mg/kg.

Obě skupiny potravin je možné podrobněji a více srozumitelně popsat následovně:

**Označení „BEZ LEPKU“:** Je určeno primárně pro potraviny z přirozeně bezlepkových surovin a je povoleno jak u potravin určených pro zvláštní výživu, tak u běžných potravin. Ob-



sah lepku musí činit nejvýše 20 mg/kg v potravine ve stavu, v němž je prodávána konečném spotřebiteli.

**Označení „VELMI NÍZKÝ OBSAH LEPKU“:**

Je určeno pro označení potravin obsahujících jednu nebo více složek ze speciálně upravené pšenice, ječmene, ova, žita nebo jejich kříženců. Údaj „velmi nízký obsah lepku“ není možné použít v označení běžných potravin (je

možné použít pouze pro potraviny pro zvláštní účely) a rovněž v označení potravin, které neobsahují žádnou složku z pšenice ječmene, ova, žita nebo jejich kříženců. Obsah lepku musí činit nejvýše 100 mg/kg v potravine ve stavu, v němž je prodávána konečném spotřebiteli. Pod pojmem „složka z pšenice“ se rozumí např. pšeničný deproteinovaný škrob, který je jako složka z pšenice používán nejčastěji.

---

[www.szpi.gov.cz](http://www.szpi.gov.cz)

Codex Standard 118-1979 (Codex Standard for Foods for Special Dietary Use for Persons Intolerant to Gluten)

Nařízení Komise (ES) č. 41/2009 o složení a označování potravin vhodných pro osoby s nesnášenlivostí lepku

Prováděcí nařízení Komise (EU) č. 828/2014 ze dne 30. července 2014 o požadavcích na poskytování informací o nepřítomnosti či sníženém obsahu lepku v potravinách spotřebitelům (toto nařízení bude platné od 20. 7. 2016, nahradí nařízení Komise (ES) č.41/2009 a bude obsahovat určitá rozšíření na všechny potraviny)







Použitá literatura je dostupná u autorů jednotlivých příspěvků.

### Recenzenti:

---

MUDr. Iva Hofmanová, Fakultní nemocnice Královské Vinohrady  
Prof. Ing. Jaromír Lachman, CSc., Katedra chemie, Česká zemědělská universita Praha.

### Autorská pracoviště:

---

Potravinářská komora České republiky,  
Česká zemědělská univerzita Praha  
Thomayerova nemocnice,  
Vysoká škola chemicko-technologická v Praze  
Výzkumný ústav potravinářský Praha, v.v.i.,  
VOŠZ a SZŠ Praha





## OBILOVINY V LIDSKÉ VÝŽIVĚ 2015

Potravinářská komora České republiky  
Česká technologická platforma pro potraviny

Počernická 96/282, 108 03 Praha 10 – Malešice  
tel./fax: +420 296 411 187

e-mail: [foodnet@foodnet.cz](mailto:foodnet@foodnet.cz)  
web: [www.foodnet.cz](http://www.foodnet.cz), [www.ctpp.cz](http://www.ctpp.cz)

ISBN 978-80-88019-07-7