



OBILOVINY v lidské výživě 2017

Shrnutí poznatků o obilovinách se zaměřením
na problematiku sacharidů obilovin

Publikace České technologické platformy pro potraviny

OBILOVINY v lidské výživě 2017

Shrnutí poznatků o obilovinách
se zaměřením na problematiku sacharidů obilovin

Bc. Lenka **Blažková** (VŠCHT v Praze)
Ing. Dana **Gabrovská**, Ph.D. (PK ČR)
doc. Ing. Marie **Hrušková**, CSc. (VŠCHT v Praze)
Ing. Lucie **Jurkaninová**, Ph.D. (VŠCHT v Praze) – editorka
Helena **Málková** (VUPP, v.v.i.)
Bc. Alžběta **Mandová** (VŠCHT v Praze)
Ing. Jitka **Pinkrová**, Ph.D. (VUPP, v.v.i.)
Ing. Marcela **Sluková**, Ph.D. (VŠCHT v Praze) – editorka
Ing. Kateřina **Vaculová**, CSc. (Agrotest fyto, s.r.o., Kroměříž)
Ing. Renata **Winterová** (VUPP, v.v.i.)
Ing. Oldřich **Faměra**, CSc. (ČZU Praha)
Ing. Pavel **Skřivan**, CSc. (VUPP, v.v.i., VŠCHT v Praze) – editor
Ing. Ivan **Švec**, Ph.D. (VŠCHT v Praze)

Potravinářská komora České republiky
Česká technologická platforma pro potraviny












Praha 2017
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/2017)

ISBN 978-80-88019-24-4



Obsah

- 3  OBSAH
- 6  Obiloviny a sacharidy
- 8  Pšenice a její vliv na zdraví člověka
- 14  Přehled o beta-glukanech (nejen obilných)
- 22  Vliv a účinky využití neškrobových polysacharidů ve výživě zvířat
- 30  Změny sacharidů během zpracování obilovin
- 36  Vliv přídavku různých typů vlákniny na kvalitu pekařských výrobků
- 49  Vliv přídavku celozrnné ovesné mouky na stárnutí pekařských výrobků
- 57  Obohacení pšeničné mouky Iněnou vlákninou v kombinaci s dalšími netradičními produkty
- 65  Stanovení škrobových frakcí a predikce glykemického indexu v souvislosti s vlákninou u vybraných pekařských výrobků
- 69  Inovace v sortimentu pekařských výrobků

Souhrn Summary

Sacharidy patří vedle bílkovin a lipidů k základním živinám. Z hlediska výživy jsou sacharidy především **zdrojem energie**. V obilovinách a výrobcích z obilovin jsou sacharidy zastoupeny škrobem, skupinou neškrobových poly- a oligosacharidů souhrně označovaných jako **vláknina** a jednoduchými sacharidy (**cukry**). Škrob patří mezi **stravitelné sacharidy** s přímým vlivem na hladinu glukosy v krvi a acidobazickou rovnováhu v buňkách lidského těla. Zatímco složky vlákniny jsou tímto způsobem **nevyužitelné** a jejich funkce spočívá v ovlivnění peristaltiky střev, podporují rozvoj zdraví prospěšných mikroorganismů ve střevě a jsou schopny ovlivněním vstřebávání do jisté míry upravovat hladinu glukosy a cholesterolu v krvi. Jednoduché sacharidy zvláště monosacharidy jsou velice reaktivní, účastní se **reakcí neenzymového hnědnutí**.

V předkládané odborné publikaci jsou uvedeny výsledky aktivit členů pracovní skupiny Obiloviny v lidské výživě. **Příspěvky se týkají účinků sacharidů na zdraví člověka, na vývoj a hodnocení pečiva s nižším glykemickým indexem a vyšší výživovou hodnotou.**

Carbohydrates are essential nutrients besides proteins and lipids. Carbohydrates are primarily a **source of energy** in human nutrition. There are mainly **starch**, non-starch poly- and oligosaccharides (called **dietary fibre**) and also **sugars** in cereals and cereal products. Starch belongs to **digestible carbohydrates** with a direct influence on blood glucose levels and acid-base balance in human body. The **fibre** components are **non-digestible** in this way and their function is to contribute to an acceleration of intestinal transit and normal bowel function, they promote the development of healthy microorganisms in the intestine and are able to some extent the maintenance of normal glucose and blood cholesterol level in the blood. Sugars, especially monosaccharides, are very reactive, they participate in the **non-enzymatic browning reaction**.

The present publication shows the results of the members of the working group of Cereals in Human Nutrition (*Obiloviny v lidské výživě*). **The contributions in publication concern the effects of carbohydrates on human health, the development and evaluation of bread and bakery products with a lower glycemic index and a higher nutritional value.**



Obiloviny a sacharidy

(Lucie Jurkaninová)

Úvodem lze zmínit, že už odedávna jsou obiloviny základní složkou ve výživě člověka a také v budoucnu budou pro většinu obyvatel představovat **základní složku jídelníčku**. V dnešní době se odhaduje podíl obilovin v celosvětové lidské výživě kolem 60 - 70 %, v chudých rozvojových zemích je poměrně vyšší. Ačkoli bílkoviny obilovin nejsou z nutričního hlediska plnohodnotné, jejich zastoupení je v naší západoevropské stravě významné. Obiloviny jsou tak nejvýznamnějším **zdrojem rostlinných bílkovin** a v posledních letech předstihly dokonce i maso a stanuly na prvním místě mezi zdroji bílkovin. Ve velké části světa představují obiloviny jediný a dlouhodobě základní zdroj bílkovin a díky škrobu také energie.

Obiloviny a výrobky z nich jsou významným zdrojem sacharidů, převážně **polysacharidů**. Jedná se o 2 základní skupiny: škrob a neškrobové polysacharidy (vláknina). Obecně se sacharidy vyskytují téměř ve všech částech obilného zrna. Nejvrchnější vrstvy obilného zrna (obalové vrstvy, oplodí) obsahují nerozpustné polysacharidy **celulosu a hemicelulosy** (konkrétně xyloglukany, xylany a arabinogalaktany). Podobalové vrstvy zrna (osemení) obsahují ve vodě částečně rozpustné hemicelulosy (konkrétně **arabinoxylany** - starší název pentosany a **beta-glukany**). Další část zrna, aleuronová vrstva, měkká jednoduchá vrstva s velkými buňkami, je charakteristická vysokým obsahem ve vodě **rozpuštěných beta-glukanů, arabinoxylanů, glukomannanů a galaktomannanů**. Endosperm obsahuje hlavně škrob (většinou okolo 80 %), z ostatních sacharidů také beta-glukany, pentosany a fruktany. Blok klíčku má vysoký obsah **redukujících cukrů** (glukosa, fruktosa, maltosa, rafinosa), mohou být také přítomny arabinoxylany a glykoproteiny.

Výživové trendy současné doby jsou zaměřeny na konzumaci výrobků s nižším obsahem energie, s vyšším obsahem bílkovin, nižším obsahem cukrů, soli (resp. sodíku), trans-enasycených a nasycených mastných kyselin apod. S ohledem na sacharidy je zvýšený zájem o **výrobky s vlákninou, s nižším glykemickým indexem** apod.

Vláknina sice neslouží přímo k naší výživě jako významný zdroj energie, ale má ověřený **pozitivní vliv na zdraví člověka**. Produkty obsahující vyšší množství vlákniny mají nižší glykemický index, neboli pomaleji zvyšují hladinu glukosy v krvi po konzumaci, a tím přispívají **ke snížení rizika nadváhy a obezity**. Některé složky vlákniny mají vliv **na snížení hladiny cholesterolu**, anebo fungují jako ochrana sliznice střev a mohou tak sloužit v prevenci určitých civilizačních onemocnění.

Účinky různých složek vlákniny potravy jsou úzce spjaty s typem daného polymeru, který vstupuje do tlustého střeva, jeho molekulovou hmotností, viskozitou a rozpustností. **Fruktany a fruktooligosacharidy** působí v tlustém střevě jako prebiotika a jsou zcela fermentovány na organické kyseliny s krátkým řetězcem (octová, propionová a máselná kyselina). 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 rozkládány až **mikroorganismy přítomnými v tlustém střevě**. Naopak **složky nerozpustné vlákniny potravy**, jako je celulosa a ve vodě nerozpustné arabinoxylany,

jsou vůči mikrobiálnímu rozkladu z velké části odolné, a tyto složky jsou fermentovány jen částečně. Bylo dokázáno, že pouze malé množství bakteriálních druhů sídlících v tlustém střevě člověka dokáže nerozpustné nebo komplexní arabinoxylany zužitkovat, navíc arabino-xylooligosacharidy mohou stimulovat růst jen malé skupiny bakterií mléčného kvašení.

Součástí stravy by tedy měly být výrobky **z celých obilných zrn** (vločky, kroupy, lámanka, jáhly, nebo extrudované a pufované snack výrobky s vyšším podílem rezistentního škrobu), dále neloupaná rýže, celozrnné chleby a pečivo, žitný nebo žitnopšeničný kvasový chléb, těstoviny apod. Některé uvedené cereální výrobky obsahují vedle polysacharidů (jako zdroj energie a vlákniny) a bílkovin také významné množství minerálních látek, vitaminů a dalších biologicky aktivních látek (zejména polyfenolů). Samozřejmě u některých minerálních látek je problematická jejich využitelnost.

Výživová doporučení (týkající se obilovin) pro dospělé obyvatelstvo České republiky Společnosti pro výživu a Fóra zdravé výživy:

„Jezte výrobky z obilovin (tmavý chléb a pečivo, nejlépe celozrnné, těstoviny, rýži) nebo brambory nejvýše 4x denně, nezapomínejte na luštěniny (alespoň 1x týdně)“ (<http://www.vyzivaspol.cz/zdrava-trinactka-strucna-vyzivova-doporuceni-pro-sirokou-verejnost/>).

Pšenice je v našem kulturně-civilizačním okruhu již několik tisíciletí nejvýznamnější obilovinou zpracovávanou primárně k lidské výživě. Na přelomu 20. a 21. století se

Pšenice a její vliv na zdraví člověka

(Pavel Skřivan, Marcela Sluková)

jí tohoto primátu dostalo i v globálním měřítku – objemem zpracování do potravin **překonala i rýži** (tabulka 1).

Tabulka 1:
Potravinářské zpracování obilovin ve světě 2011

(FAOSTAT, 20 August 2016)

Obilovina	Produkce (t)
pšenice	450 600 000
rýže	371 719 000
kukuřice	122 184 000
čirok	25 053 000

Přesto, prakticky ve stejné době – v první dekádě 21. století, se pohled na její roli v lidské výživě se ve vyspělém světě (především USA a zčásti v západní Evropě) začal měnit. Důvody, které k tomu vedou, mají zčásti racionální, ale často také zcela iracionální základ.

Pšenice je zcela **jedinečná** mezi obilovinami svými vlastnostmi, které se promítají do technologie jejího zpracování.

V primárním (mlýnském) zpracování, které se během dlouhých staletí prakticky zdokonalilo k samým hranicím svých fyzikálních možností, lze pšeničnou obilku prakticky dokonale rozdělit na částice endospermu a zbytky obalových vrstev. Hlavním produktem jsou **světlé mouky** sestávající převážně z dezintegrovaného endospermu, tj. ze škrobu a zásobních bílkovin. Škrob se v mouce vyskytuje jak v nativní formě celistvých škrobových zrn, tak ve formě zrn různou měrou poškozených (mechanicky i tepelně). K částečnému poškození škrobových zrn dochází také díky enzymové hydrolýze již na konci zrání a během skladování pšenice.

V sekundárním (pekárenském, těstárenském) zpracování, jsou pšeničné mouky jako jediné schopny tvořit **lepek (v pekařském slova smyslu viskoelastický gel)** sestávající v sušině z více než 90 % ze zásobních bílkovin endospermu (frakcí prolaminů a glutelinů – u pšenice zvaných gliadin a glutenin) (Příhoda *et al.*, 2003). Tento gel vyznačující se pružností i tažností vzniká díky omezenému bobtnání těchto bílkovin po přidavku vody a současně díky energii vložené ve formě mechanické práce během hnětení těsta. A právě díky schopnosti tvorby lepku poskytuje pšeničná mouka pečivo **o zcela specifické struktuře střídy nebo těstoviny o charakteristické textuře**.

Pšenice patří mezi nejstarší pěstované obiloviny. Její pěstování se stalo jedním z klíčových faktorů vedoucích ke vzniku našeho civilizačního okruhu a k první populační expanzi v neolitu. Stala se energeticky vydatnou a relativně dlouhodobě skladovatelnou potravinářskou surovinou.

Dnešní situace ve vyspělém světě je však jiná než prakticky po celou dobu existence člověka. Vyznačuje se **přebytkem potravin vev vyspělém světě a současně zásadním poklesem potřeby fyzické práce**.

Výhoda pšenice jako zdroje pohotově dostupné energie se stává nevýhodou, běžné pšeničné pečivo dosahuje vysokých hodnot **glykemického indexu (GI)**. U celozrnného chleba a pečiva, podobně jako u správně vařených těstovin, jsou však hodnoty GI naopak příznivé (tabulka 2).

Tabulka 2:
Hodnoty glykemického indexu vybraných pšeničných produktů

(http://www.szu.cz/uploads/documents/czzp/edice/plne_znani/glykemie.pdf)

Pšeničné výrobky	GI
jemné a běžné pečivo vyrobené ze světlé mouky	70 - 80
pečivo z celozrnné mouky	50 - 60
těstoviny vařené „al dente“	40 - 50

U nikoli bezvýznamné části naší populace se vyskytuje celiakie, která je nejrozšířenější a nejzávažnější formou intolerance lepku. Lepek v tomto novém, zcela nepřesném ale široce užívaném významu, používaném **v oblasti výživy, dietologie a zdra-**

votnictví, označuje skupinu bílkovin prolaminové frakce, která se prakticky ve stejné míře vyskytuje v pšenici, žitu a ječmeni a v menší míře v ovsu. Kritické jsou sekvence aminokyselin: **Pro-Ser-Gln-Gln** (PSQQ) a **Gln-Gln-Gln-Pro** (QQQP), které vyvolávají u nemocných autoimunitní reakci se závažnými i fatálními následky (Pánek, 2015).

Tuto chorobu, kterou lze v posledních desetiletích již zcela bezpečně diagnostikovat, nelze brát na lehkou váhu. Přesto je **podíl celiaků** – uvádí se **0,5 - 1 % naší populace** (cca 50-100 tis. jedinců) – pouhým odhadem. Pravidelně sledováno na specializovaných pracovištích je mnohem méně pacientů. Je to dáno tím, že projevy celiakie jsou velmi různorodé a ne vždy vedou k tak závažným obtížím, které by potenciální pacienty zavedly k lékaři, nebo jsou považovány za projev jiné střevní choroby. O vývoji



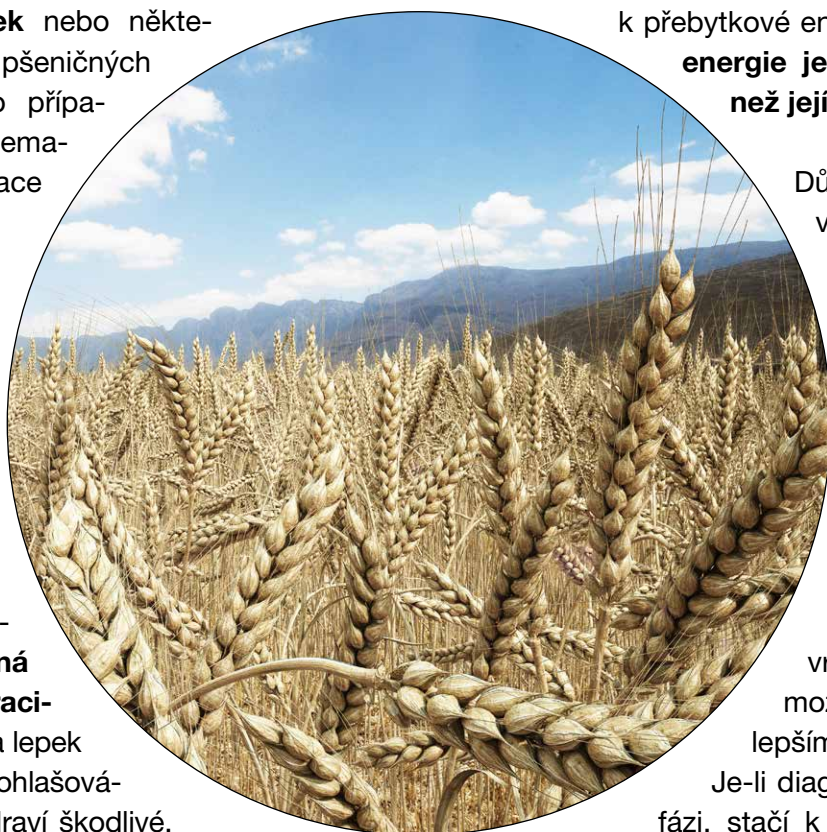
celiakie v minulosti nemáme díky absenci diagnostických nástrojů žádné exaktní informace. Jedinou cestou, jak v případě zjištění onemocnění celiakií postupovat, je absolutní vyloučení pšeničných, žitných, ječných a převážně i ovesných produktů z jídelníčku. Povolený maximální limit pro výskyt předmětných prolaminů („lepků“) v potravině je 20 mg/kg (ppm). Vedle celiakie existují ještě také **alergie na lepek** nebo některé další složky pšeničných mouk. V těchto případech jsou problematické koncentrace ještě nižší.

Kampaň proti pšenici jako zdroji lepku, která se po svém vzniku ve Spojených státech v posledních letech rozběhla i v Evropě ale je **zmatečná a z valné části iracionální**. Pšenice a lepek jsou zde totiž prohlašovány za obecně zdraví škodlivé.

Nicméně pro tvrzení, že pšenice (lepek) škodí zdraví i u drtivé většiny populace, která celiakií nebo alergií netrpí, neexistuje jediný exaktní důkaz. Stejně jako není nijak prokázáno, že by vyloučení konkrétně pšeničných produktů ze stravy u této části populace přinášelo jakýkoli zdravotní benefit.

Reálný problém pšenice, nikoli specificky, ale jako v případě kterékoli potravinářské **suroviny s vysokým obsahem škrobu**, však existuje. Jedná se jak o energetickou bilanci výživy, tak o problematiku již výše zmíněného GI (Venn a Green, 2007). Problém však nespočívá v pšenici samotné, stejně jako

v případě dalších škrobnatých potravin a potravinářských surovin, ale **v životním stylu**, který se ve vyspělé části světa v posledních desetiletích značně změnil. U většiny obyvatel USA, Evropy i dalších vyspělých částí světa odpadla prakticky úplně potřeba fyzické práce. Rozvoj dopravy způsobil, že člověk velmi často není nucen ani k nejpřirozenější pohybové aktivitě – k pěší chůzi. Tento stav vede k přebytkové energetické bilanci – **výdej energie je často podstatně nižší než její příjem**.



Důsledkem toho je nadváha, obezita a takzvané civilizační choroby, z nichž jednou z nejzávažnějších jak z hlediska postižení organismu a zdravotních důsledků, tak z hlediska četnosti výskytu v populaci, je **diabetes mellitus 2. typu**. Onemocnění diabetes je nevratné a její závažnost je možno pouze mírnit, v nejlepším případě stabilizovat. Je-li diagnostikována v počáteční fázi, stačí k výraznému utlumení jejího progresu správně nastavená dieta.

Právě v tomto případě je nezbytné velmi omezit nebo téměř **eliminovat příjem potravin s vysokými hodnotami GI**. Za vysoké se považují hodnoty 70 a více, za střední 56 - 69, 55 a méně za nízké (tabulka 3). Hodnota 100 odpovídá GI čisté glukosy, ale existují i potraviny, které hodnotu 100 překračují – například pivo s hodnotou cca 110. Vyvážená strava s rozumnými hodnotami GI má také prokázaný význam, jak v prevenci samotné cukrovky, tak v prevenci nadváhy a obezity i aterosklerózy a tudíž i kardiovaskulárních onemocnění.

Tabulka 3:**Glykemický index vybraných potravin**

(http://www.szu.cz/uploads/documents/czzip/edice/plne_znani/glykemie.pdf)

Potraviny	Glykemický index
chléb pšeničný	70
chléb žitnopšeničný	65 - 70
chléb žitný	60 - 65
bezlepkový chléb	65 - 75
brambory pečené	85
brambory vařené	60 - 70
rýže vařená	60 - 70

Jak je z tabulek 2 a 3 patrné, světlé **pšeničné pečivo a chléb** jsou z hlediska GI skutečně problematické, podobně jako další škrobnaté potraviny. Nicméně v tabulce 3 je zřejmý značný pokles GI u celozrnných produktů. Proto se výroba celozrnných mouk a jejich použití v pekárenství staly jedním z velkých témat cereální chemie a technologie. Je vhodné zdůraznit, že interpretace GI v potravinách má řadu úskalí. GI by proto neměl být považován za nepřekročitelné dogma, ale za velmi užitečný a prospěšný nástroj.

V praxi však narážíme na **tři hlavní problémy**, které s primárním a sekundárním zpracováním pšenice do celozrnných produktů souvisejí:

A Obecně nízká sensorická přijatelnost celozrnných výrobků.

Vlastnosti celozrnných chlebů a dalších pekárenských produktů jsou výrazně odlišné od výrobků z běžných pšeničných mouk. Jsou u nich do značné míry potlačeny právě ty vlastnosti (lehkost, vláčnost, křehkost), které jsou u pšeničného chleba a pečiva tak oblíbené a jedinečné.

B Zvýšené riziko kontaminace v případě celozrnných výrobků.

Ačkoli například pšenice pěstované u nás jsou

vůči houbovým chorobám (nejčastěji fuzariózám) ve srovnání s jinými obilovinami relativně odolné, jejich výskyt v nepříznivých podmínkách vegetace, sklizně a uskladnění nelze zdaleka vyloučit. Kontaminace mykotoxiny nebo rezidui fungicidů užívaných k ošetření je nejvýznamnější právě v obalových vrstvách, které se při výrobě běžných mouk odstraňují.

C Nedostatečné povědomí o reálné využitelnosti a skutečné fyziologické funkci řady složek obalových vrstev obilovin, které jsou v kladném či záporném smyslu považovány za nutričně významné. Ve většině případů (například antioxidantních vlastností polyfenolů) máme k dispozici výsledky pořízené pouze „in vitro“, nikoli „in vivo“.

Shrňme si velmi stručně základní možné postupy, které by mohly přinést alespoň částečné řešení jednotlivých problémů:

Ad A.: **Vývoj nových technologií primárního zpracování obilovin do formy celozrnných produktů** – nové technologie dezintegrace obilovin: Snahou je získat sensoricky přijatelnější velmi jemné celozrnné mouky s co nejméně poškozenými škrobovými zrny (**mikronizace**). Máčení a fermentace zrn před zpracováním (**zápary**), tepelné opracování zrn, celozrnných produktů nebo otrub – využívá se různých způsobů ohřevu včetně mikrovln.

Ad B.: **Standardní postupy vstupní kontroly obilovin ve mlýně** a stávající technologie čištění a povrchové úpravy obilovin před vlastním mlecím procesem minimalizuje potenciální kontaminaci standardních mlýnských produktů dostatečným způsobem. Záchyty mouk kontaminovaných nadlimitními koncentracemi mykotoxinů a reziduí pesticidů jsou ojedinělé. V případě celozrnných produktů a rozšíření sortimentu primárně zpracovávaných obilovin

však jsou s vysokou pravděpodobností ne zcela dostatečné. **Pro výrobu celozrnných mouk bude nutné revidovat zejména postupy vstupní kontroly, ale s vysokou pravděpodobností i kontrolu nad agrotechnickými postupy u pěstitelů.**

Ad C.: O základních složkách vlákniny a jejich využitelnosti prostřednictvím střevního mikrobiomu (prebiotická funkce) toho víme již poměrně dost. Vlákninu ale doprovází celá řada dalších látek, kterým přisuzujeme často významné **biologické funkce** (kyselina fytoová a její soli, inhibitory proteas, taniny, fytoosteroly, polyfenoly, fytoestrogeny, cholin atd.), ale nakolik účinně je schopen lidský organismus tyto látky využít, často příliš mnoho nevíme.

Zásadní vliv na **biologickou využitelnost a biologickou dostupnost** (*bioavailability*)

těchto látek mají fermentační procesy, ke kterým se moderní sekundární zpracování obilovin (pekárenská technologie) masivně vrací (důvody jsou sice především technologické). Dostupnost řady základních složek vlákniny i doprovodných látek se **fermentací zvyšuje**.

Stejně jako v případě využitelnosti a dostupnosti víme mnohem více o fyziologické funkci základních složek vlákniny, zejména beta-glukanů a arabinoxylanů, ale o skutečné funkci „*in vivo*“, nikoli pouze „*in vitro*“, jak již bylo uvedeno výše, máme často skromné povědomí a jak skutečné pozitivní (antioxi-

dační, antiatherogenní, kanceropreventivní atd.) tak negativní (antinutriční, prooxidační) účinky jednotlivých látek často spíše předpokládáme.

Proto v poslední době probíhá výzkum účinků vybraných látek přímo na lidských tkáňových kulturách.

ZÁVĚREM: Současná cereální chemie a technologie řeší v posledních letech možná více problémů než kdykoli dříve a významně se rozvíjí.

Zvýšení sensorické atraktivity nutričně přijatelnějších cereálních produktů než je

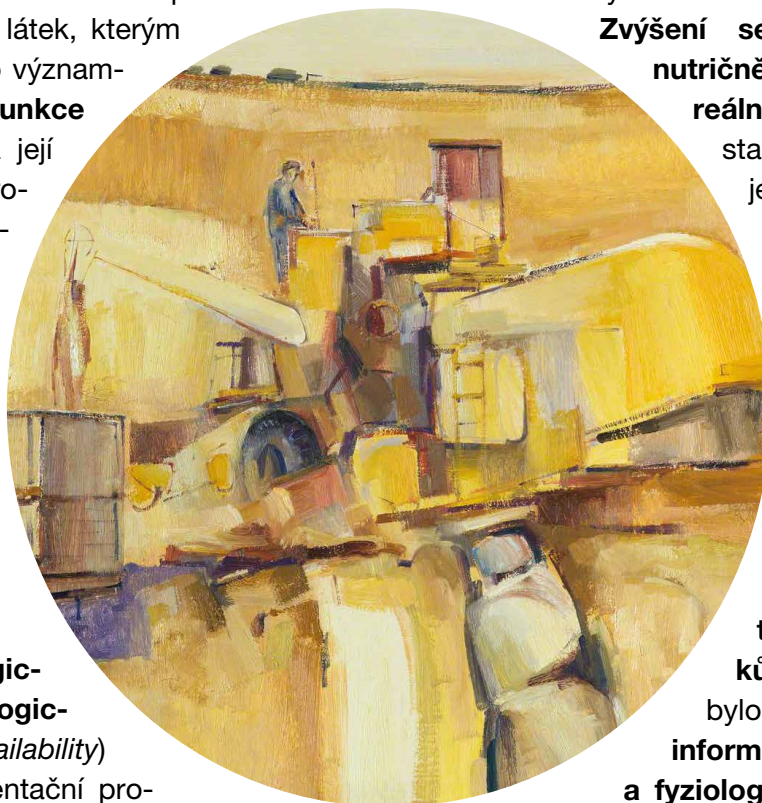
standardní běžné nebo jemné pšeničné pečivo je zásadním úkolem naší vědy a technologie. Stejně tak je nezbytné jak analytickými nástroji (vstupní kontrola), tak postupy přípravy zrna k vlastnímu zpracování, **zvýšit zajištění bezpečnosti celozrnných výrobků**. A podstatné je, jak bylo řečeno, získat exaktní

informace o využitelnosti a fyziologických účincích širo-

kého spektra látek doprovázejících zá-

kladní složky vlákniny v obalových a podobalových vrstvách pšenice i dalších obilovin.

Přes to všechno je prakticky jisté, že **standardní výrobky z pšenice** z trhu a našeho jídelníčku nevy-mizí. Jen je třeba k nim přistupovat jako k řadě dalších potravin – **konzumovat je s mírou a uvážlivě**.



Použitá literatura ke kapitole **Pšenice a její vliv na zdraví člověka**:

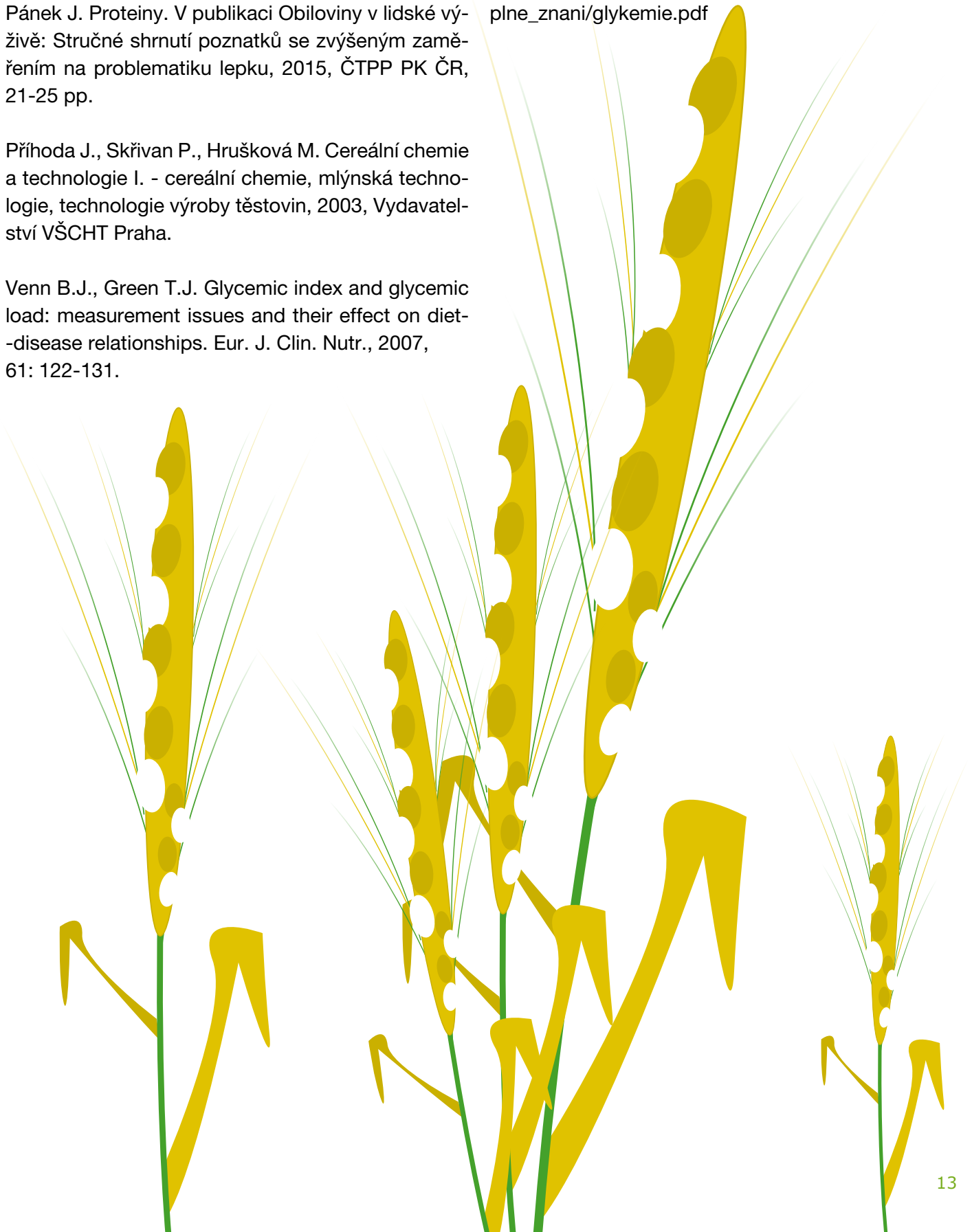
Pánek J. Proteiny. V publikaci Obiloviny v lidské výživě: Stručné shrnutí poznatků se zvýšeným zaměřením na problematiku lepku, 2015, ČTPP PK ČR, 21-25 pp.

Příhoda J., Skřivan P., Hrušková M. Cereální chemie a technologie I. - cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin, 2003, Vydavatelství VŠCHT Praha.

Venn B.J., Green T.J. Glycemic index and glycemic load: measurement issues and their effect on diet-disease relationships. Eur. J. Clin. Nutr., 2007, 61: 122-131.

FAOSTAT: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

http://www.szu.cz/uploads/documents/czzp/edice/plne_znani/glykemie.pdf



Přehled o beta-glukanech (nejen obilných)

(Marcela Sluková, Kateřina Vaculová, Pavel Skřivan)

Pokud hovoříme o beta-glukanech, jejich biologické aktivitě a potenciálních zdravotních účincích je vždy potřeba specifikovat o jaký **typ a druh beta-glukanu** se konkrétně jedná. Po chemické stránce se termínem „beta-glukan“ označuje poměrně velká skupina látek, která se liší strukturou, fyzikálně-chemickými vlastnostmi a tím i zdravotním účinkem na organismus člověka i zvířat. Obecně je molekula „beta-glukanu“ tvořena **glukosovými jednotkami** spojenými mezi sebou β -glykosidovou vazbou. Nejznámějším a v přírodě nejvíce rozšířeným „beta-glukanem“ je celulóza. Celulóza jako strukturní polysacharid buněčných stěn vyšších rostlin je složkou ve vodě nerozpustné vlákniny. Jedná se o vysokomolekulární lineární polymer složený z několika desítek až stovek tisíc D -glukosových jednotek vázaných β -(1 \rightarrow 4) glykosidovými vazbami (Velíšek a Hajšlová, 1999).

Struktura, vlastnosti a využití nativní celulózy jsou zajímavé, ale ve výživě a v technologii si jistě větší pozornost zaslouží skupina necelulosových polysacharidů, nazývaných **beta-glukany (β -glukany)**. Beta-glukany se vyskytují v buněčných stěnách **obilovin, hub, kvasinek, řas a bakterií**. Struktura beta-glukanů obilovin a tím i jejich funkce je odlišná od beta-glukanů hub, kvasinek a řas.

β -glukany mohou být ve vodě částečně rozpustné, bobtnavé, jsou schopné zvyšovat viskozitu roztoku a tím vykazovat řadu pozitivních fyziologických účinků v lidském organismu. β -glukany patří do skupiny hemicelulos a jsou **zčásti rozpustnou a částečně nerozpustnou vlákninou**. Beta-glukany mohou být nevětvené (lineární), nebo větvené polysacharidy.

Polysacharidy nazývané β -glukany, také β -(1 \rightarrow 3), (1 \rightarrow 4)- D -glukany, nebo β -glukany se smíšenými vazbami jsou složkou buněčných stěn vyšších

rostlin a **semen (zrn) obilovin**. Tyto β -glukany se vyskytují zejména ve vnějších vrstvách obilného zrna (v podobalových vrstvách a aleuronové vrstvě **ječmene a ovsa**). U ovsa je část rozpustných β -glukanů přítomna i ve vnitřní části obilného zrna (v endospermu).

Příbuzné polymery, které se také nazývají β -glukany nebo β -(1 \rightarrow 3),(1 \rightarrow 6)- D -glukany, jsou syntetizovány **vyššími houbami, plísněmi a kvasinkami** a nachází se také **v mořských řasách** (Synytsya a Novák, 2013; Novák, 2007; Větvicka, 2013). β -glukany tedy slouží jako stavební jednotky buněčných stěn rostlin, řas, hub a kvasinek, a vyplňují prostory mezi celulosovými vlákny.

β -glukany mohou být různými postupy izolovány z rostlinných nebo mikrobiálních zdrojů. **Izolované frakce β -glukanů** s různou čistotou jsou také významnými potravními doplňky nebo jsou součástí řady farmaceutických a kosmetických přípravků. Biologická aktivita izolovaných β -glukanů závisí zejména na jejich původu a čistotě získaného preparátu.

Jak již bylo zmíněno, β -glukany z různých zdrojů se liší svými **fyzikálně-chemickými vlastnostmi** (jako jsou struktura molekuly, větvení řetězce, typ vazeb v molekule, molekulová hmotnost, rozpustnost, vaznost vody, viskozita apod.). S těmito vlastnostmi souvisí také odlišná biologická aktivita a potenciální zdravotní účinky β -glukanů. Některé β -glukany mají schopnost podporovat imunitní reakce v organismu, a proto se řadí mezi tzv. imunostimulátory. Jiné β -glukany se podílejí na udržení normální hladiny cholesterolu a glukosy v krvi po jídle.

O většině β -glukanů a zejména o jejich chování v lidském těle však nemáme stále dostatečné informace.

Beta-glukany obilovin – výskyt a struktura

Ječmen má z obilovin nejvyšší obsah beta-glukanů (2,5 - 11,3 % hm. v sušině zrna). Následuje **oves** (2,2 - 7,8 %), žito (1,2 - 2,0 %) a **pšenice** (0,4 - 1,4 %) (Collins *et al.*, 2010). Obsah beta-glukanů v zrnu závisí na typu a odrůdě obiloviny a na klimatických podmínkách (Byung-Kee a Ullrich, 2008; Izydorczyk a Dexter, 2008).

Řada studií ukazuje, že **odrůdy ječmene** s nestandardním složením škrobu (waxy nebo vysokoamylosové) mají vyšší obsahy beta-glukanů než ječmeny s normálním poměrem amylosy a amylopektinu. Mezi dvouřadým a šestiřadým ječmenem a mezi bezpluchými a pluchatými zrny s normální charakteristikou škrobu nebyly pozorovány výrazné rozdíly v obsahu beta-glukanů. Obsah beta-glukanů u odrůd se standardním typem škrobu byl vyšší při pěstování v teplých a sušších ročnících a oblastech, zatímco u waxy odrůd se vlivem sucha obsah beta-glukanů téměř neměnil (Jansen *et al.*, 2013). Naopak při krátkodobém působení vysoké teploty může být obsah beta-glukanů v zrnu nižší.

Sladovnické odrůdy ječmene (většinou pluchaté odrůdy ječmene) vykazují obvykle nižší obsahy beta-glukanů než cíleně šlechtěné odrůdy nesladovnického ječmene. Mezi speciální odrůdy ječmene **pro potravinářské využití** patří celá řada bezpluchých odrůd, vyšlechtěných v Kanadě a USA (Oliveira, 2015) a dalších zemích (Austrálie, Japonsko, Korea a další). V Evropě je to např. pluchatá německá odrůda Waxyma s waxy typem škrobu (Dieckmann, 2009), uvedená na trh pod názvem betaBarley® (Dieckmann, 2011) nebo i české odrůdy AF Lucius® a AF Cesar®, které mají kromě vyššího obsahu beta-glukanů (od 4,5 do 6,8 % v sušině zrna) i bezpluché zrno a tedy mohou být, na rozdíl od pluchatých odrůd, využity ve skutečně celozrnné podobě (Vaculová, 2014).

beta-glukany se nachází v buněčné stěně **endospermu** (až 75 % z celkového obsahu beta-glukanů) a v menší míře pak **v aleuronové a subaleuronové vrstvě** (kolem 25 %) (Chu, 2014; Dieckmann, 2011; Byung-Kee a Ullrich, 2008; Izydorczyk a Dexter, 2008). Rozložení beta-glukanů v obilném zrnu může být proměnlivé a závisí na odrůdě (Izydorczyk *et al.*, 2003) i na jejich celkovém množství. Bylo zjištěno, že u ječmene s nízkým obsahem beta-glukanů se jich nejvíce nacházelo v aleuronové vrstvě, zatímco ječmen s průměrným obsahem beta-glukanů měl nejvyšší obsah beta-glukanů v buněčných stěnách endospermu.

Obilné beta-glukany jsou lineární homopolymery D-glukopyranosylových jednotek, přičemž počet jednotek může být až 250 000. Dvě nebo tři po sobě jdoucí glukopyranosylové jednotky jsou spojeny beta-(1→4) vazbami a tato spojení jsou oddělena jednou jednotkou spojenou beta-(1→3) vazbou. Méně časté jsou delší segmenty po sobě jdoucích beta-(1→4) vázaných glukopyranosylových jednotek se stupněm polymerace (DP) 5 - 28 (Izydorczyk a Dexter, 2008).

Základní molekulární struktura je u všech obilných beta-glukanů stejná. Liší se však v několika znacích: rozdílný počet a poměr beta-(1→3)(1→4) vazeb, přítomnost a množství dlouhých celulóse podobných fragmentů, poměr cellotriosylových/cellotetraosylových jednotek (DP3/DP4) a molekulová hmotnost (velikost molekuly). Umístění beta(1→3) vázaných cellotriosylových a cellotetraosylových jednotek je v řetězci náhodné, není pravidelné.

Poměry DP3/DP4 se pohybují v určitém rozmezí (Izydorczyk a Dexter, 2008; Mikkelsen *et al.*, 2010; Agbenorhevi *et al.*, 2011; Cui *et al.*, 2000). Pro **beta-glukany ječmene** se uvádí poměr 1 : 2,3 až 1 : 3,4. Průměrně hodnota poměru **1 : 3** znamená trojnásobně vyšší počet DP4 jednotek než je počet jednotek DP3 [tj. trojnásobná převaha jednotek s vazbami beta-(1→4) nad jednotkami spojených vazbami beta-(1→3)]. Pro **oves** se udává po-

měr 1 : 1,5 až 1 : 2,3 (průměrně **1 : 2**) a pro pšenici 1 : 3,0 až 1 : 4,5 (průměrně **1 : 4**). Z toho vyplývá (a bylo také chemickou strukturní analýzou potvrzeno), že **pšeničné β -glukany** mají v řetězcích nejnižší počet vazeb β -(1 \rightarrow 3), pravidelnější strukturu, nižší rozpustnost a odlišné chování (viskozita, tvorba gelu apod.) než ječné a ovesné β -glukany. Rozdíly v poměru DP3/DP4 u izolovaných beta-glukanů **z různých ječmeneů** byly dány odrůdou, složením škrobu, klimatickými podmínkami a podmínkami extrakce.

Ve vodě extrahovatelné beta-glukany **z waxy odrůdy ječmene** vykazovaly vyšší molární poměry DP3/DP4 (poměr 3,1 - 3,2) než beta-glukany extrahované **z odrůdy vysokoamylosového ječmene**

(poměr 2,5 - 2,9) (Izydorczyk a Dexter, 2008). Beta-glukany **extrahované alkalickými roztoky** vykazovaly nepatrně vyšší poměr DP3/DP4 a větší množství delších fragmentů vázaných β (1 \rightarrow 4) vazbami (DP \geq 5) než beta-glukany **extrahované ve vodě**. Podobné rozdíly byly pozorovány i u beta-glukanů extrahovaných z obroušených zrn ječmenů, šrotů, mouk a frakcí s vysokým podílem vlákniny u bezpluchých odrůd ječmene s různými poměry amylosy.

Zatímco beta-glukany pocházející z buněčné stěny **endospermu** měly nejvyšší molekulové hmotnosti (MW) a nejdelší celulosové fragmenty v polymerních řetězcích, beta-glukany extrahované z omelek a otrub měly MW nižší (Zheng *et al.*, 2011). Beta-glukany

izolované z **celozrnných mouk** měly vyšší poměry DP3/DP4 než beta-glukany z endospermu.

Beta-glukany obilovin - vlastnosti

Vlastnosti beta-glukanů (rozpustnost, extrahovatelnost, reologické a termické vlastnosti) závisí na tom, z jaké části zrna beta-glukany pochází a jaké je složení škrobu u daného druhu obiloviny.

Jako již bylo uvedeno, **rozpustnost obilných β -glukanů** závisí na jejich původu, struktuře a na počtu β -(1 \rightarrow 3) vazeb. Rozpustnost ve vodě klesá v pořadí oves > ječmen > pšenice. S vyšším počtem β -(1 \rightarrow 3) jednotek se tedy rozpustnost β -glukanů zvyšuje (Velíšek a Hajšlová, 1999). Uvádí se, že u ječmene je asi 20 % β -glu-



kanů a u ovsa až 80 % β -glukanů rozpustných ve vodě při teplotě 40 °C (Trafford a Fincher, 2014).

Viskozita a reologické chování β -glukanů je ovlivněno uspořádáním (konformací) jejich řetězců v roztoku, molekulovou hmotností a koncentrací (Izydorczyk a Dexter, 2008). Molekulová hmotnost β -glukanů se pohybuje v širokém rozsahu od desítek do tisíců kDa. S vyšší molekulovou hmotností β -glukanů se zvyšuje viskozita roztoku. β -glukany s vysokou molekulovou hmotností (tisíce kDa) ve vodě bobtnají a vytváří vysoce viskózní roztoky nebo termo-reverzibilní gely (při koncentraci 4 - 10 % β -glukanů ve vodě). β -glukany s nižší molekulovou hmotností (jednotky kDa) mohou tvořit tzv. měkké gely (Wiege,

2017; Vasanthan *et al.*, 2002).

Za daných podmínek vodné extrakce (doba, teplota, rychlost míchání, pH a další faktory) je **rozpustnost a extrahovatelnost β -glukanů** z ovsa vyšší než u ječmene nebo pšenice. Na rozpustnost a extrahovatelnost mají vliv **intermolekulární vodíkové vazby** mezi β -glukany a arabinoxylany. **Kovalentní příčné vazby** mezi xyloglukany a β -glukany přispívají ke zhoršení rozpustnosti β -glukanů ve vodě (Izydorczyk a Dexter, 2008).

Extrakty β -glukanů mohou také obsahovat významná **množství antioxidantů a polyfenolů** (jako je gallová a ferulová kyselina) (Thondre *et al.*, 2011). Schopnost β -glukanů tvořit

viskózní roztoky je klíčovou fyzikálně-chemickou vlastností zodpovědnou za **fyzilogické účinky této frakce rozpustné vlákniny**. Při trávení rozpustných β -glukanů záleží zejména na jejich molekulové hmotnosti a viskozitě.

Beta-glukany obilovin - zdravotní účinky

V nařízení EU č. 432/2012 jsou uvedena dvě zdravotní tvrzení týkající se účinků obilných β -glukanů:

- 1) „ β -glukany přispívají k **udržení normální hladiny cholesterolu v krvi**“.
- 2) „Konzumace β -glukanů z ovsa nebo ječmene jakožto součásti jídla přispívá k **omezení nárůstu hladiny glukosy v krvi** po tomto jídle“.



Působení β -glukanů tak spočívá ve zpomalení vstřebávání glukosy, snížení koncentrace postprandiální glukosy a cholesterolu v krvi (Tosh, 2007). Aby obilná vláknina vykazovala požadovaný fyziologický efekt a tedy byla schopna zvyšovat viskozitu tráveniny, ovlivňovat rychlost vyprazdňování žaludku, trávení a absorpci živin, postprandiální metabolismus a vykazovat další očekávané zdravotní efekty, je důležité sledovat nejen koncentraci β -glukanů v roztoku, ale i jejich molekulovou hmotnost a další reologické vlastnosti. Tyto mohou být negativně ovlivněny mechanickým a hydrotermálním zpracováním suroviny nebo nevhodnými podmínkami v průběhu extrakce β -glukanů (Gangopadhyay et al., 2015; Limberger-Bayer et al., 2014). Obilný β -glukan s nižší molekulovou hmotností (kolem 80 kDa) má menší vliv na snížení hladiny cholesterolu, může však působit jako významné prebiotikum (Lam a Cheung, 2013; Jones, 2007).

Beta-glukany hub a kvasinek – výskyt a struktura

Neméně významným zdrojem β -glukanů jsou **buněčné stěny hub a kvasinek**. Díky odlišné struktuře (v porovnání s obilnými β -glukany) působí β -glukany hub a kvasinek jako tzv. imunomodulátory (**modulátory biologické odpovědi**; biologicky účinné látky ovlivňující některé biologické funkce) (Větvíčka, 2013; Manzi a Pizzoferrato, 2000).

Mezi zdroje těchto β -glukanů patří **hlíva ústříčná**, žampion brazilský, různé druhy **lišejníků**, ale i pekařské nebo pivovarnické **kvasnice**. Z cizokrajných hub jsou to pak např. houby shii-take (houževnatec jedlý), reishi (lesklokorka lesklá) a další různé druhy většinou chorošotvarých hub.

Buněčná stěna většiny hub a kvasinek se skládá z pěti hlavních sacharidových složek: β -(1 \rightarrow 3)-D-glukanu, β -(1 \rightarrow 6)-D-glukanu, β -(1 \rightarrow 3)-D-glukanu, chitinu a glykoproteinů (zejména mannoproteinu). β -glukany s vazbami β -(1 \rightarrow 3) a β -(1 \rightarrow 6) izolované z buněčné stěny **kvasinky *Saccharomyces cere-***

visiae jsou nejintenzivněji studovanými β -glukany, které vykazují nejsilnější biologické účinky v porovnání s ostatními druhy kvasinek.

Nejčastěji je řetězec β -glukanů hub tvořen jednotkami β -(1 \rightarrow 3)-D-glukanu s místem větvení β -(1 \rightarrow 6). β -glukany lišejníku a mechu (někdy nazývané také **lichenany**) jsou naopak lineární molekuly spojené glykosidovými vazbami β -(1 \rightarrow 3) a β -(1 \rightarrow 4) s podobným uspořádáním jako obilné β -glukany (Olafsdottir a Ingólfssdottir, 2001). Lichenany jsou schopné tvořit gely podobně jako pšeničné β -glukany (Johansson et al., 2004).

Beta-glukany hub a kvasinek – zdravotní účinky

Jak již bylo uvedeno, struktura (délka řetězce, stupeň větvení, molekulová hmotnost) a tím i biologická aktivita daného β -glukanu se liší v závislosti na zdroji. β -glukany hub a kvasinek vykazují významnou fyziologickou aktivitu, která je součástí **obranných mechanismů buňky** (zejména schopnost fagocytózy) (Větvíčka, 2013). S tím souvisí účinky působení těchto β -glukanů na lidský organismus (imunomodulační a protinádorová aktivita, antioxidační, protizánětlivé nebo analgetické účinky, zvýšená odolnost vůči některým infekcím, podpora hojení ran na kůži, popálenin apod.) (Větvíčka, 2013).

Ve zralých houbách jsou hlavní řetězce β -glukanů stočeny do **trojitě šroubovice** stabilizované postranními řetězci. Díky těmto vlastnostem je podpořena funkce fagocytózy a s tím související zdravotní účinek β -glukanů hub a kvasinek. **Biologická aktivita β -glukanu závisí na čistotě preparátu obsahujícího β -glukany**. Čistota může být vyjádřena jako podíl polysacharidu β -glukanu z celkového obsahu sacharidů. V případě přítomnosti dalších sacharidů jako je glukosa, mannosy, galaktomannany a mannoproteiny může být však toto vyjádření čistoty β -glukanu nepřesné.

Podmínky izolace, extrakce a přečištění β -glukanů z původního rostlinného nebo mikrobiálního

ního zdroje mají vliv na čistotu a biologickou aktivitu preparátu obsahujícího β -glukany. Použitím mírně alkalického roztoku při extrakci β -glukanu došlo k rozvolnění původní struktury β -glukanu a k nepatrnému snížení jeho molekulové hmotnosti (Yiannikouris *et al.*, 2004).

β -glukan izolovaný z kvasinek je mimo jiné schopen **absorbovat některé mykotoxiny** obilovin (deoxynivalenol, zearalenon, aflatoxin B1, T-2 toxin) (Freimund *et al.*, 2003). Mechanismus účinku pravděpodobně spočívá v interakci molekul β -glukanu a mykotoxinu a tvorbě komplexní struktury stabilizované vodíkovými vazbami a van der Waalsovými silami.

Bylo zjištěno, že **krmivo určené pro hospodářská zvířata** obohacené tímto kvasničným β -glukanem zvyšovalo účinek fagocytózy a baktericidní aktivitu makrofágů, což vedlo ke sníženému průniku některých nebezpečných bakterií do okolních tkání.

Beta-glukany mořských řas a bakterií

Dalšími zdroji β -glukanů jsou buněčné stěny mořských řas rodu *Laminaria sp.*, *Adenocystis sp.* a dalších (Breedveld *et al.*, 1994). β -glukany hnědých řas rodu *Laminaria sp.* se nazývají **laminariny**, zatímco u řas *Adenocystis sp.* se jedná o **fukoidany**. Jedná se především o lineární β -glukany spojené vazbami β -(1 \rightarrow 3) (Ponce *et al.*, 2003). Vlastnosti a účinky těchto β -glukanů jsou intenzivně studovány zejména v Japonsku, Dálném Východě a na Islandu.

Použitá literatura ke kapitole **Přehled o beta-glukanech (nejen obilných):**

Agbenorhevi J. K., Kontogiorgos V., Kirby A.R., *et al.* Rheological and microstructural investigation of oat β -glucan isolates varying in molecular weight. *Int. J. Biol. Macromolecules*, 2011, 49: 369-377.

Breedveld M.W., Miller K.J. Cyclic beta-glucans of members of the family Rhizobiaceae. *Microbiology Rev.*, 1994, 58: 145-161.

Byung-Kee B., Ullrich S.E. Barley for food: Characteristics, improvement and renewed interest. *J. Cereal Sci.*, 2008, 48: 233-242.

Collins H., Burton R., Topping D., *et al.* Variability in fine structures of noncellulosic cell wall polysaccharides from cereal grains: potential importance in human health and nutrition. *Cereal Chem.*, 2010, 87: 272-282.

Chu Y.F. *Oats Nutrition and Technology*, 2014, Wiley Blackwell, USA. 464 pp.

Cui W., Wood P.J., Blackwell B., Nikiforuk J. Physicochemical properties and structural characterization by two-dimensional NMR spectroscopy of wheat β -D-glucan - comparison with other cereal β -D-glucans. *Carb. Polym.*, 2000, 41: 249-258.

Dieckmann K. betaBARLEY - the new beta-glucan-rich barley for baking and more. *BAKING+BISCUIT INTERNATIONAL*, 2011, 1: 58-63.

Freimund S., Sauter M., Rys P. Efficient adsorption of the mycotoxins zearalenone and T-2 toxin on a modified yeast glucan. *J. Environ. Sci. Health B.*, 2003, 38: 243-255.

Gangopadhyay N., Hossain M.B. Rai D.K., Brunton N.P. Optimisation of yield and molecular weight of β -glucan from barley flour using response surface methodology. *J. Cereal Sci.*, 2015, 62: 38-44.

- Harris J.P., Smith G.B. Plant cell walls and cell-wall polysaccharides: structures, properties and uses in food products. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2006, 41: 129-143.
- Izydorczyk M.S., Dexter J.E., Desjardins R.G. Roller milling of Canadian hull-less barley: Optimization of roller milling conditions and composition of mill streams. *Cereal Chem.*, 2003, 80: 637-644.
- Izydorczyk S.M., Dexter E.J. Barley β -glucans and arabinoxylans: Molecular structure, physico-chemical properties, and uses in food products – a Review. *Food Res. Int.*, 2008, 41: 850-868.
- Jansen G., Schliephake E., Kopahnke D., Ordon F. Effect of N-fertilization, fungicide treatment, seed density and abiotic stress factors on the total β -glucan content of six-rowed winter barley (*Hordeum vulgare* L.). *J. Applied Botany and Food Quality*, 2013, 86: 180-184. doi:10.5073/JABFQ.2013.086.024
- Johansson L., Tuomainen P., Ylinen M., Ekholm P., Virkki L. Structural analysis of water-soluble and insoluble β -glucans of whole-grain oats and barley. *Carbohydrate Polym.*, 2004, 58: 267-274.
- Jones J.M. Dietary fibre or whole grains or both. In *Dietary fibre-components and functions*, 2007, H. Salovaara, F. Gates, M. Tenkanen (ed.), Wageningen Academic Publishers. The Netherlands. 13-29 pp.
- Lam K.-L., Cheung P.Ch.K. Non-digestible long chain beta-glucans as novel prebiotics. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 2013, 2: 45-64.
- Limberger-Bayer V.M., de Francisco A., Chan A., Oro T., Ogliari P.J., Barreto P.L.M. Barley β -glucans extraction and partial characterization. *Food Chem.*, 2014, 154: 84-89.
- Manzi P., Pizzoferrato L. Beta-glucans in edible mushrooms. *Food Chem.*, 2000, 68: 315-318.
- Mikkelsen M.S., Jespersen B.M., Møller B.L., *et al.* Comparative spectroscopic and rheological studies on crude and purified soluble barley and oat β -glucan preparations. *Food Res. Int.*, 2010, 4: 2417-2424.
- Nařízení komise (EU) č. 432/2012.
- Newman R.K., Newman C.W. *Barley for Food and Health*, 2008, John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, USA. pp. 2459.
- Novák M. β -glukany, historie a současnost. *Chem. Listy*, 2007, 101: 872-880.
- Olafsdottir E.S., Ingólfssdottir K. Polysaccharides from lichens: structural characteristics and biological activity. *Planta Med.*, 2001, 67: 199-208.
- Oliveira S. *Hulless Barley Potential Opportunities*. Alberta Agriculture and Forestry Economics and Competitiveness Division Competitiveness and Market Analysis Branch, 2015, Edmonton, 18 pp.
- Ponce N.M.A., *et al.* Fucoidans from the brown seaweed *Adenocystis utricularis*. *Carbohydrate Res.*, 2003, 338: 153-165.
- Synytsya A., Novák M. Structural diversity of fungal glucans. *Carbohydrate Polym.*, 2013, 92: 792-809.
- Thondre P.S., Ryan L., Henry C.J.K. Barley β -glucan extracts as rich sources of polyphenols and antioxidants. *Food Chem.*, 2011, 126: 72-77.
- Tosh S.M. Factor affecting bioactivity of cereal β -glucans. In *Dietary fibre-components and functions*, 2007, H. Salovaara, F. Gates, M. Tenkanen (ed.), Wageningen Academic Publishers. The Netherlands. 75-90 pp.
- Trafford K., Fincher G. *Barley: Chemistry and Technology*, 2014, AACC International PRESS. USA.

Vaculová K. Bezpluchý ječmen a perspektivy jeho využití v potravinářství. Publikace České technologické platformy pro potraviny Renaissance ječmene 2015, 2014, Potravinářská komora České republiky. 8-15 pp.

Vasanthan T., Gaosong J., Yeung J., Li J. Dietary fibre profile of barley flour as affected by extrusion cooking. *Food Chem.*, 2002, 77: 35-40.

Velíšek J., Hajšlová J. *Chemie potravin I. díl. 3. vydání*, 1999, Osis, Tábor.

Větvička V. *Beta Glukan Tajemství přírody*, 2013.

Wiege I. Změny obsahu a kvality vlákniny potravy u obilovin během zpracování. *Disertační práce*. 2017, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze.

Yiannikouris A., François J., Poughon L., et al. Alkali extraction of beta-D-glucans from *Saccharomyces cerevisiae* cell wall and study of their adsorptive properties toward zearalenone. *J. Agri. Food Chem.*, 2004, 52: 3666-3673.

Zheng X., Li L., Wang Q. Distribution and molecular characterization of β -glucans from hull-less barley bran, shorts and flour. *Int. J. Molecular Sci.*, 2011, 12: 1563-1574.



Vliv a účinky využití neškrobových polysacharidů ve výživě zvířat

(Kateřina Vaculová)



Neškrobové polysacharidy (**NSP**) jsou posuzovány rozdílně v závislosti na způsobu jejich konečného užití. Z pohledu humánní výživy jsou významnou složkou potravy, ale při krmení na vlákninu citlivých hospodářských zvířat nebo například v pivovarnictví je vyšší obsah NSP nežádoucí. Uvádí se, že NSP **snižují u drůbeže a prasat využitelnost živin**, zejména v důsledku zvýšení viskozity a objemu střevního obsahu rozpuštěnými NSP. Tím se omezuje pohyblivost substrátů, trávicích enzymů, zhoršují se podmínky pro vstřebávání živin, pro kontakt s povrchem střevní mukózy a dochází k omezení pohybu střevních klků. NSP rovněž mohou **tvořit komplexy s trávicími enzymy**, čímž snižují jejich aktivitu.

V posledních letech se ale i na polysacharidy ve výživě zvířat, a zejména na specifické heteroglukany, začalo pohlížet také z jiného úhlu. Do skupiny specifických heteroglukanů se řadí **beta-glukany (β -glukany) (BG)** se smíšenými vazbami β -(1→3), β -(1→4) a β -(1→6), které se vyskytují v buněčných stěnách zrna obilovin (Byung-Kee a Ullrich, 2008; Harris a Smith, 2006; Izydorczyk a Dexter, 2008, Vasanthan *et al.*, 2002), v buněčných stěnách pekařských kvasinek, v plísňích, houbách a bakteriích.

V obilovinách, především ječmeni a ovsu, jsou **BG se smíšenými (1→3),(1→4) β -D-glykosidovými vazbami** hlavními stavebními složkami buněčných stěn endospermu a tvoří dominantní podíl (cca 75 %) rozpustné vlákniny (Johansson *et al.*, 2008). Klinicky byl u člověka prokázán kladný efekt jejich konzumace na snížení hladiny cholesterolu v plazmě, zmírnění průběhu diabetu II. stupně, snížení rizika obezity, prevenci gastrointestinálních chorob včetně kolorektálního karcinomu apod. (AbuMweis *et al.*, 2010; Cook *et al.*, 2014; Finocchiaro *et al.*, 2012; Jenkins *et al.*, 2002; Maki *et al.*, 2010; Newman a Newman, 2008; Slavin, 2005; Whitehead *et al.*, 2014 a další).

U **BG extrahovaných z droždí a hub**, které obsahují nevětvené (lineární) a větvené smíšené β -(1→3) a β -(1→6) vazby, je ceněna hlavně jejich schopnost upravovat imunitní systém a další účinky (antikarcinogenní, antivirové a imunomodulační).

Poslední studie prokazují, že BG nepůsobí kladně jen u lidí, ale že mohou ovlivnit i zdraví hospodářských a dalších zvířat tím, že **zvýší jejich odolnost vůči řadě chorob** a fungují obdobně jako syntetická antibiotika (Chou *et al.*, 2013; Vetvicka *et al.*, 2014, Jha a Berrocoso, 2015). Proto jedním ze současných světových trendů směřujících ke stimulaci užít-

kovosti a udržení dobrého zdravotního stavu zvířat je využití přírodních látek s preventivní ochrannou nebo dokonce imunomodulační účinností. Tyto účinky byly již ověřeny v případě oligosacharidů mannanů, některých fruktooligosacharidů a dalších látek, které působí na podobném principu jako **antibiotické stimulatory růstu**.

Biologické účinky (1→3)- β -glukanů se projevují zejména aktivací imunitních buněk (makrofágů) a jejich prostřednictvím dalších dějů, které jsou popisovány jako **nespecifická imunomodulace** (Zeković *et al.*, 2005). Hendler a Rorvik (2001) referují o nespecifickém příznivém efektu BG na imunitní systém. Dostupné údaje dokumentují, že se BG váží na receptory imunitních buněk a vykazují tak **imunomodulační schopnost** (Vos *et al.*, 2007). Studie *in vitro* prokázaly, že BG působí na některé imunitní receptory, spouští skupinu imunitních buněk, včetně makrofágů, neutrofilů, monocytů a dalších, tedy že generují jak vrozenou, tak adaptivní imunitní odpověď organismu (Chan *et al.*, 2009; Selvaraj *et al.*, 2005).

Vysoká účinnost BG byla prokázána zejména **v pokusech u ryb**, kde se jejich kladný vliv projevil bez ohledu na způsob podávání (Misra *et al.*, 2006; Selvaraj *et al.*, 2005). BG mají schopnost stimulovat systémovou i lokální imunitu u ryb i koryšů. Přímou zvyšují vrozené imunitní reakce, včetně aktivace fagocytózy, aktivace neutrofilů, aktivace alternativního doplňkového systému nebo zvýšení aktivity lysozymů (Akhter *et al.*, 2015). **V pokusech s drůbeží** se ukázaly jako účinnější BG extrahované z kvasnic nebo hub (Jacob a Pescatore, 2014). Moon *et al.* (2016) zjistili, že vysoká dávka β -(1→3) glukanu z kvasnic může být potenciální alternativou antibiotik u brojlerů. Aplikace průmyslově vyráběných polysacharidů se projevovala v nárůstu počtu laktobacilů a bifidobakterií ve střevě kuřat a ve zlepšení příjmu a konverze krmiva. Mezi způsoby aplikace nebyly průkazné rozdíly v hodnocených ukazatelích, i když injekční aplikace se v porovnání s přidavkem BG do vody jevila jako ekonomicky efektivnější (Bednarczyk *et al.*, 2016).

Využití BG laminarinu z hnědých řas ve výkrmu brojlerů mělo pozitivní vliv na oxidační stabilitu masa (Ahmed *et al.*, 2014) a rovněž existují pozitivní údaje o redukci zánětlivých faktorů a zlepšení morfologie střeva u prasat při jeho aplikaci do krmiva (Heim *et al.*, 2015). Blaszczyk *et al.* (2015), kteří sledovali vliv BG z ovsa na zánětlivé procesy sleziny u potkanů zjistili, že BG s nízkou molekulovou hmotností efektivně snižovaly parametry oxidativního stresu. Naopak BG s vysokou molekulovou hmotností měly vliv na redukci lipidových superoxidů, koncentraci 7-ketocholesterolu a aktivitu glutathion disulfidu (GSSG). Navíc BG vykazovaly i antioxidační účinky, což se projevilo redukcí aktivity superoxid dismutasy a glutathion reductasy.

Fyzikálně-chemické vlastnosti (Rice *et al.*, 2004), imunomodulační, protizánětlivé, antimikrobiální a další účinky (Volman *et al.*, 2010) a tedy i celková účinnost BG může být ovlivněna **molekulovou hmotností** (Beer *et al.*, 2005; Torronen *et al.*, 2002), **poměrem vazeb β -(1→4)/ β -(1→3)** (Modak *et al.*, 2005), poměry celotriosylových/celotetraosylových (**DP3/DP4**) jednotek (Mikkelsen *et al.*, 2014), konformací [jednoduchý polysacharidový řetězec nebo tři řetězce spojené vodíkovými můstky, tzv. triple helix (Smetanová, 2007)] a také například přítomností a množstvím dlouhých řetězců podobných celulóze (Izydorczyk a Dexter, 2008; Andersson *et al.*, 2008). Chovancová a Šturdík (2005) uvádějí, že nejvyšší imunostimulační aktivitu vykazují **glukany s vyšším počtem vazebných míst**, tedy s větším počtem postranních řetězců.

Navíc se obsah i struktura BG liší nejen u jednotlivých druhů, ale i odrůd obilovin, vliv mají rozdíly **ve složení škrobu** (poměr polysacharidů amylosy a amylopektinu), environmentální podmínky i pěstební technologie (Ehrenbergerová *et al.*, 2003; Paynter a Harasymow, 2010). V pokusech je důležité sledovat celkové množství přijatého BG, druh stravy nebo použitého potravního doplňku včetně podmínek jejich přípravy a zpracování (Wang a Ellis, 2014 a další), základní hladinu cholesterolu, ode-

zvu na podávanou dávku i délku trvání experimentu (Kim *et al.*, 2006).

Vetvicka a Vetvickova (2014), kteří porovnávali řadu průmyslově vyráběných BG z hlediska jejich imunomodulačních, biologických a antikarcinogenních účinků, došli k závěru, že účinnost BG z těchto preparátů nezávisela na jejich zdroji nebo rozpustnosti. Legentil *et al.* (2015) uvádějí, že rovněž záleží na **interakci BG s jejich receptory**, jako je například dectin-1, complement receptor 3 (CR3), glykolipidy, langerin a moduly vázajícími sacharidy.

Trávení BG probíhá až v tlustém střevu za vývoje různých produktů, které následně ovlivňují celé **složení mikrobiomu střev** (Cantarel *et al.*, 2012). Metabolity vyprodukované rozkladem BG nebo obecně vlákniny za účasti přítomných mikrobů ovlivňují fyziologii hostitele a mají tedy vliv na jeho zdravotní status (Fujimura *et al.*, 2010). Pokusy na myších bez přítomnosti jakýchkoliv mikrobů (tzv. germ-free organismy) jednoznačně prokázaly **vztah mezi složením mikrobiomu a sklonem k metabolickým poruchám** (Bäckhed *et al.*, 2004; Bäckhed *et al.*, 2007). I když se uvádí, že za imunomodulační účinky BG jsou odpovědný hlavně za změny v mikrobiomu (Wang *et al.*, 2008), bylo již prokázáno, že ve skutečnosti se BG váží na receptory imunitních buněk a vykazují tak imunomodulační schopnosti **nezávisle na mikroorganismech** (Vos *et al.*, 2007).

Pokud budou BG a další polysacharidy využity jako **prebiotika**, lze očekávat změny v jejich fyziologickém působení, a to bez ohledu na skutečnost, že i samotná probiotika mohou zlepšovat zdravotní status hostitele a tedy i hospodářských zvířat. Raja a Imran (2009) izolovali a identifikovali kmen *Lactobacillus fermentum*, který má antimikrobiální aktivitu a vykazoval účinky podobné antibiotikům. Kabir *et al.* (2004) uvádí, že probiotika **pomáhají zlepšovat u drůbeže** využití krmiva a zlepšují konverzi krmiv. Současné působení vhodných probiotik a prebiotik má mnohem výraznější efekt než aplikace jednotlivých složek samostatně. Experimentálně byly

prokázány probiotické účinky fruktooligosacharidů (**FOS**) nebo galaktooligosacharidů (**GOS**) na růst a metabolismus bifidobakterií a laktobacilů a na celkové složení mikrobiomu střev (Topping a Clifton, 2001; Lupton, 2004). Dostupné údaje dokumentují, že také BG fungují v přítomnosti vhodných probiotik jako prebiotická složka.

BG z ječmene jsou vysoce fermentovatelné v tlustém střevu a zvyšují jak produkci mikroorganismů, tak i kyseliny mléčné a dalších kyselin (Kedia *et al.*, 2008). Arena *et al.* (2014) zjistili, že využitím ječných BG se zvýšil růst a zlepšily probiotické vlastnosti sledovaných kmenů *Lactobacillus* v pokusech na myších a krmivo obsahující ječné BG mělo pozitivní vliv na interakci probiotik s enterocyty.

Zhao a Cheung (2011) **porovnávali BG extrahované z ječmene, bakterií nebo hub jako prebiotika** pro čisté kultury *Bifidobacterium infantis*, *B. longum* a *B. adolescentis* a zjistili, že tyto mikrobiální kultury využívaly BG obdobně bez ohledu na rozdíly v jejich glykosidových vazbách nebo molekulových hmotnostech. Snart *et al.* (2006) prokázali, že BG z ječmene s vysokou molekulovou hmotností průkazně zvyšovaly počty *Lactobacillus acidophilus* v mikrobiomu slepého střeva pokusných potkanů.

Kombinace vybraných probiotik a jejich složení tedy zpětně ovlivňuje vlastnosti a v důsledku toho i sledovanou **účinnost zvolených BG v pokusech in vitro a in vivo**. Svou roli hrají rovněž specifika fyziologie a metabolismu hostitele, která mohou měnit složení mikrobiomu střev a tak ovlivňovat jak průběh fermentace, tak i účinnost jednotlivých druhů vlákniny (Tremaroli a Bäckhed, 2012; Kovatcheva-Datchary *et al.*, 2015, aj.). Aktuální vědecké studie dokazují, že konkrétní znalost skladby mikroorganismů ve střevech může pomoci při identifikaci subjektů, které mohou **benefitovat z konkrétní dietetické intervence** (Le Chatelier *et al.*, 2013; Korpela *et al.*, 2014; Kovatcheva-Datchary *et al.*, 2015).

Nejen na **závěr** je zapotřebí uvést, že i když se **okruh znalostí o pozitivních fyziologických a zdravotních vlastnostech** neškrobových polysacharidů a zejména beta-glukanů stále **rozšiřuje**, současně se před námi otevírají další otázky, které vyžadují podrobnější prozkoumání i aplikaci netradičních přístupů řešení. I přesto, že nové vědecké a odborné poznatky postupně **vysvětlují** některé **negativní** nebo **nejednoznačné výsledky**, zároveň se odkrývají další existující rozpory, které přinášejí potřebu precizněji definovat nejen možné zdroje vlákniny, ale i podmínky jejich přípravy, skladování, užití nebo dávkování. Důležitá je i znalost interakce s dalšími složkami výchozích surovin nebo přijaté potravy či krmiva až po specifikaci jednotlivých skupin či druhů příjemců a případně i jejich genetických rozdílů, které mohou významně ovlivnit skutečnou biologickou účinnost těchto látek.

Použitá literatura ke kapitole **Vliv a účinky využití neškrobových polysacharidů ve výživě zvířat:**

AbuMweis S.S., Jew S., Ames N.P. Beta-glucan from barley and its lipid-lowering capacity: a meta-analysis of randomized, controlled trials. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 2010, 64: 1472-1480. doi:10.1038/ejcn.2010.178.

Ahmed S.T., Mun H.S., Islam M.M., Yang C.J. Effects of fermented corni fructus and fermented kelp on growth performance, meat quality, and emission of ammonia and hydrogen sulphide from broiler chicken droppings. *British Poultry Sci.*, 2014, 55: 745-751.

Akhter N., Wu B., Memon A.M., Mohsin M. Probiotics and prebiotics associated with aquaculture: A review. *Fish & Shellfish immun.* 2015, 45(2): 733-741.

Andersson A.A.M., Lampi A.M., Nystrom L., *et al.* Phytochemical and dietary fiber components in barley varieties in the HEALTHGRAIN diversity green. *J. Agric. Food Chem.*, 2008, 56: 9767-9776.

Arena M.P., Caggianiello G., Fiocco D., Russo P., Torelli M., Spano G., Capozzi V. Barley β -Glucan-Containing Food Enhances Probiotic Performances of Beneficial Bacteria. *Int. J. Mol. Sci.*, 2014, 15: 3025-3039.

Bäckhed F., Ding H., Wang T., Hooper L.V., Koh G.Y., Nagy A., Semenkovich C.F., Gordon J.I. The gut microbiota as an environmental factor that regulates fat storage. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 2004, 101: 15718-15723.

Bäckhed F., Manchester J.K. Semenkovich C.F., Gordon J.I. Mechanisms underlying the resistance to diet-induced obesity in germ-free mice. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 2007, 104: 979-984.



- Bednarczyk M., Stadnicka K., Kozłowski, I., Abiuso C., Tavaniello S., Dankowiakowska A., Sławińska A. Maiorano G. Influence of different prebiotics and mode of their administration on broiler chicken performance. *Animal*, 2016, 10(8): 1271-1279.
- Beer M.U., Arrigoni E., Amado R. Effects of oat gum on blood cholesterol levels in healthy young men. *Eur. J. Clin. Nutr.* 1995, 49: 517-522.
- Blaszczyk K., Wilczak J., Harasym J., Gudej S., Suchecka D., Krolikowski T., Lange E., Gromadzka-Ostrowska J. Impact of low and high molecular weight oat beta-glucan on oxidative stress and antioxidant defense in spleen of rats with LPS induced enteritis. *Food Hydrocolloids*, 2015, 51: 272-280.
- Byung-Kee B., Ullrich S.E. Barley for food: Characteristics, improvement and renewed interest. *J. Cereal Sci.*, 2008, 48: 233-242.
- Cantarel B.L., Lombard V., Henrissat B. Complex carbohydrate utilization by the healthy human microbiome. *PLoS ONE*, 2012, 7:e28742.
- Chan G.CH-F., Chan W.K., Sze D.M-Y. The effects of β -glucan on human immune and cancer cells. *J. Hematol. & Oncol.*, 2009, 2: 25.
- Chou W. T., Sheih I. C., Fang T.J. The applications of polysaccharides from various mushroom wastes as prebiotics in different systems. *J. Food Sci.*, 2013, 78: M1041 β 1048.
- Chovancová A., Šturdík E. Vplyv beta-glukánov na imunitný systém človeka. *Nova Biotechnologica*, 2005, V-I: 105-121.
- Cook C.M., Rains T.M., Maki K.C. Effects of oats on obesity, weight management, and satiety, in *Oats Nutrition and Technology*, ed. Y. Chu, Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell, 2014, 265-279 pp.
- Daou Ch., Zhang H. Oat Beta-Glucan: Its role in health promotion and prevention of diseases. *Comprehensive Rev. Food Sci. and Food Safety*, 2012, 11: 355-365.
- Ehrenbergerová J., Vaculová K., Psota V., Havlová P., Šerhantová V. Effects of cropping system and genotype on variability in important phytonutrients content of the barley grain for direct food use, *Plant Soil Environ.*, 2003, 49 (10): 443-450.
- Finocchiaro F., Ferrari B., Gianinetti A., Pellegrini N., Caramanico R., Salati C., Shirvanian V., Stanca A.M. Effects of barley β -glucan-enriched flour fractions on the glycaemic index of bread. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 2012, 63(1): 23-29.
- Fujimura K.E., Slusher N.A., Cabana M.D., Lynch S.V. Role of the gut microbiota in defining human health. *Expert Rev. Anti Infect. Ther.*, 2010, 8: 435-454.
- Harris J.P., Smith G.B. Plant cell walls and cell-wall polysaccharides: structures, properties and uses in food products. *Inter. J. Food Sci Technol.*, 2006, 41: 129-143.
- Heim G., Sweeney T., O'Shea C.J., Doyle D.N., O'Doherty J.V. Effect of maternal dietary supplementation of laminarin and fucoidan, independently or in combination, on pig growth performance and aspects of intestinal health. *Animal Feed Sci. Technol.*, 2015, 204: 28-41.
- Hendler S.S., Rorvik D. *PDR for Nutritional Supplements*. Thomson Healthcare; 2001, 1st ed.
- Izydorczyk M.S., Dexter J.E. Barley β -glucans and arabinoxylans: Molecular structure, physicochemical properties, and uses in food products—a Review. *Food Res. Inter.*, 2008, 41: 850-868.
- Jacob J.P., Pescatore A.J. Barley β -glucan in poultry diets. *Ann. Transl. Med.*, 2014, 2(2): 20.

Jenkins A.L., Jenkins D.J., Zdravkovic U., Wursch P., Vuksan V. Depression of the glycemic index by high levels of beta-glucan fiber in two functional foods tested in type 2 diabetes. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 2002, 56: 622-628.

Johansson L., Karesoja K., Ekholm P., Virkki L., Tenhu H. Comparison of the solution properties of (1→3),(1→4)-β-D-glucans extracted from oats and barley. *LWT Food Sci. Technol.*, 2008, 41: 180-184.

Kabir S.M.L., Rahman M.M., Rahman M.B., Ahmed S.U. The dynamics of probiotics on growth performance and immune response in broilers. *Int. J. Poult. Sci.*, 2004, 3: 361-364.

Kedia G., Vázquez, J.A., Pandiella S.S. Evaluation of the fermentability of oat fractions obtained by debranning using lactic acid bacteria. *J. Appl. Microbiol.*, 2008, 105: 1227-1237.

Kim S.Y., Song H.J., Lee Y.Y., Cho K-H., Roh Y.K. Biomedical Issues of Dietary fiber – Glucan. *J. Korean Med. Sci.*, 2006, 21: 781-789.

Korpela K., Flint H. J., Johnstone A. M., Lappi J., Poutanen K., Dewulf E., Delzenne, N., de Vos W. M., Salonen A. Gut microbiota signatures predict host and microbiota responses to dietary interventions in obese individuals. *PLoS ONE* 9, 2014: e90702.

Kovatcheva-Datchary P., Nilsson A., Akrami, R., Lee Y.S., De Vadder F., Arora A., Hallen A., Martens E., Björck I., Bäckhed F. Dietary fiber-induced improvement in glucose metabolism is associated with increased abundance of *Prevotella*. *Cell Meta-*

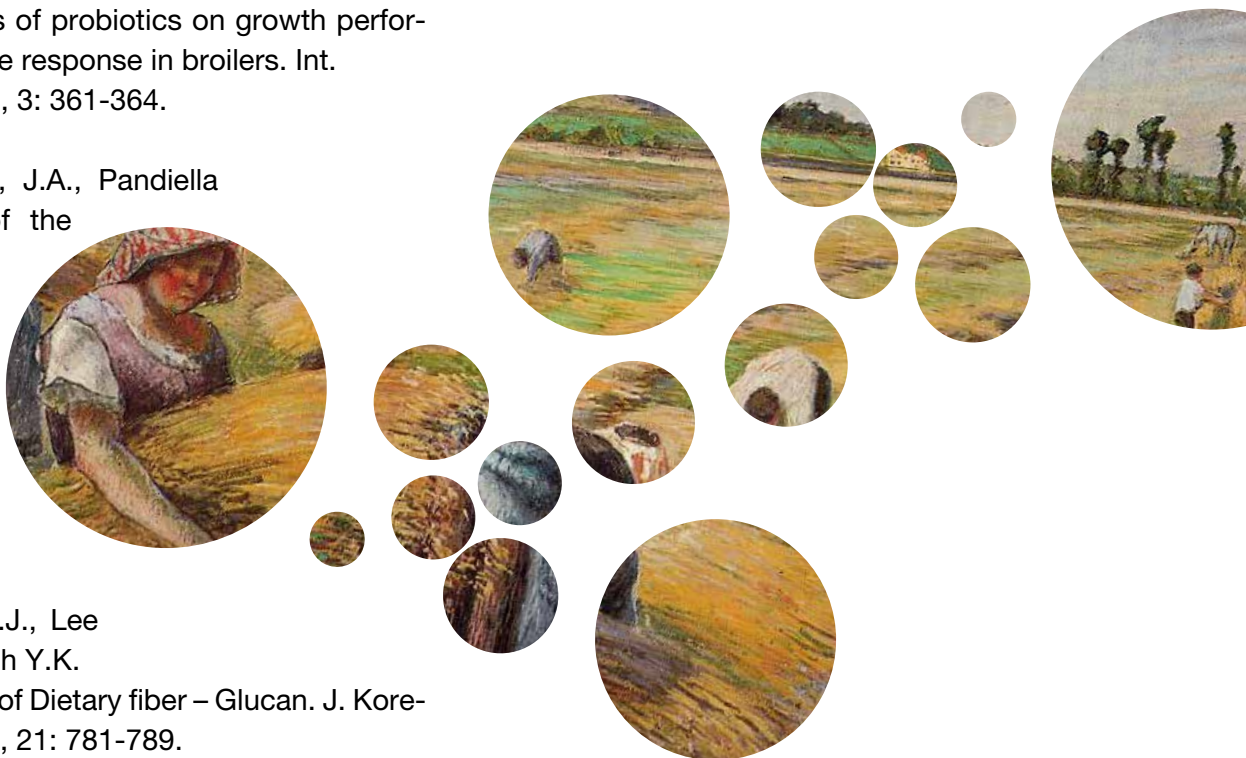
bolism, 2015, 22(6): 971-982.

Le Chatelier E., Nielsen T., Qin J., Prifti E., Hildebrand F., Falony G., Almeida M., Arumugam M., Batto J.-M., Kennedy S., *et al.* MetaHIT consortium. Richness of human gut microbiome correlates with metabolic markers. *Nature*, 2013, 500: 541-546.

Legentil, L., Paris F., Ballet C., Trouvelot S., Daire X., Vetvicka V., Ferrières V. Molecular interactions of β-(1→3) - glucans with their receptors. *Molecules*, 2015, 20: 9745-9766.

Lupton J. Microbial degradation products influence colon cancer risk: The butyrate controversy. *J. Nutr.*, 2004, 134: 479-482.

Maki K.C., Beiseigel J.M., Jonnalagadda S.S., Gugger C.K., Reeves M. S., Farmer M.V., *et al.* Whole-grain ready-to-eat oat cereal as part of a dietary program for weight loss, reduces low-density lipoprotein cholesterol in adults with overweight



- and obesity more than a dietary program including low-fiber control foods. *J. Am. Diet. Assoc.*, 2010, 110: 205-214.
- Mikkelsen M.S., Jespersen B.M., Mehlsen A., Engelsen S.B., Frøkiær H. Cereal β -glucan immune modulating activity depends on the polymer fine structure. *Food Res. Inter.*, 2014, 62: 829-836.
- Misra C.K., Das B.K., Mukherjee S.C., Pattnaik P. Effect of multiple injections of beta-glucan on non-specific immune response and disease resistance in *Labeo rohita* fingerlings. *Fish Shellfish Immunol.*, 2006, 20: 305-319.
- Modak S., Koehne G., Vickers A., O'Reilly R.J., Cheung N.K. Rituximab therapy of lymphoma is enhanced by orally administered (1 \rightarrow 3),(1 \rightarrow 4)-D-beta-glucan. *Leuk. Res.*, 2005, 29(6): 679-683.
- Moon S.H., Lee I., Feng X., Lee H.Y., Kim J., Ahn D.U. Effect of dietary beta-glucan on the performance of broilers and the quality of broiler breast meat. *Asian Australas. J. Anim. Sci.*, 2016, 29(3): 384-389.
- Newman R.K., Newman C.W. Barley for food and health: Science, technology, and products, 2008, John Wiley & Sons, Inc., 245 pp.
- Paynter B.H., Harasymow S.E. Variation in grain β -glucan due to site, cultivar and nitrogen fertiliser in Western Australia. *Crop and Pasture Sci.*, 2010, 61(12): 1017-1026.
- Raja M.M.M., Imran M.M. Lactobacillus as a probiotic feed for chickens. *Int. J. Poultry Sci.*, 2009, 8(8): 763-767.
- Rice P.J., Lockhart B.E., Barker L.A., Adams E.L., Ensley H.E., Williams D.L. Pharmacokinetics of fungal (1 \rightarrow 3)-beta-D-glucans following intravenous administration in rats. *Int. Immunopharmacol.* 2004, 4(9): 1209-1215.
- Selvaraj V., Sampath K., Sekar V. Administration of yeast glucan enhances survival and some non-specific and specific immune parameters in carp (*Cyprinus carpio*) infected with *Aeromonas hydrophilla*. *Fish Shellfish Immunol.*, 2005, 9: 293-306.
- Slavin J.L. Dietary fiber and body weight. Nutrition, Burbank, Los Angeles County, Calif., 2005, 21(3): 411-418.
- Smetanová K. Beta-glukany. Bakalářská práce. Masarykova univerzita. Lékařská fakulta, 2007, 40 pp.
- Snart J., Bibiloni R., Grayson T., Lay C., Zhang H., Allison G.E., Laverdiere J. K., Temelli F., Vasanthan T., Bell R., Tannock G. W. Supplementation of the diet with high-viscosity beta-glucan results in enrichment for Lactobacilli in the rat cecum. *Appl. Environ. Microbiology*, 2006, 72(3): 1925-1931.
- Topping D.L., Clifton P.M. Short-chain fatty acids and human colonic function: Roles of resistant starch and nonstarch polysaccharides. *Physiol. Rev.*, 2001, 81: 1031-1064.
- Torronen R., Kansanen L., Uusitupa M., Hanninen O., Myllymaki O., Harkonen H., Malkk Y. Effects of an oat bran concentrate on serum lipids in free-living men with mild to moderate hypercholesterolemia. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 1992, 46: 621-627.
- Tremaroli V., Bäckhed F. Functional interactions between the gut microbiota and host metabolism. *Nature*, 2012, 489: 242-249.
- Vasanthan T., Gaosong J., Yeung J., Li J. Dietary fiber profile of barley flour as affected by extrusion cooking. *Food Chem.*, 2002, 77: 35-40.
- Vetvicka V., Vannucci L., Sima P. The effects of β -Glucan on pig growth and immunity. *The Open Biochem. J.*, 2014, 8: 89-93.

Vetvicka V., Vetvickova J. Comparison of immunological effects of commercially available β -glucans. *Appl. Sci. Rep.*, 2014, 1: 2.

Volman J.J., Mensink R.P., Ramakers J.D., de Winther M.P., Carlsen H., Blomhoff R., Buurman W.A., Plat, J. Dietary (1 \rightarrow 3), (1 \rightarrow 4)- β -D-glucans from oat activate nuclear factor-kappa B in intestinal leukocytes and enterocytes from mice. *Nutr. Res.*, 2010, 30, 40-48.

Vos A., M'Rabet L., Stahl B., Boehm G., Garssen J. Immune-modulatory effects and potential working mechanisms of orally applied nondigestible carbohydrates. *Crit Rev Immunol.*, 2007, 27(2): 97-140.

Wang H., Weening D., Jonkers E., Boer T., Stellaard F., Small A.C., Preston T., Vonk R.J., Priebe M.G. A curve fitting approach to estimate the extent of fermentation of indigestible carbohydrates. *Eur. J. Clin. Invest.*, 2008, 38(11): 863-868.

Wang Q., Ellis P.R.: Oat β -Glucan: Physico-chemical characteristics in relation to its blood-glucose and cholesterol-lowering properties. *Br. J. Nutr.*, 2014, 112: S2: S4-S13.

Whitehead A., Beck E.J., Tosh S., Wolever T.M. Cholesterol-lowering effects of oat beta-glucan: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2014, 100, 1413-1421. doi:10.3945/ajcn.114.086108

Zeković D.B., Kwiatkowski S., Vrvic M.M., Jakovljević D., Moran C.A. Natural and modified (1 \rightarrow 3)-beta-D-glucans in health promotion and disease alleviation. *Crit. Rev. Biotechnol.*, 2005, 25(4): 205-230.

Zhao J., Cheung P.C. Fermentation of β -glucans derived from different sources by bifidobacteria: evaluation of their bifidogenic effect. *J. Agric. Food Chem.*, 2011, 59(11): 5986-92.

Dedikace: Příspěvek byl vypracován za podpory MZe ČR, projektu č. QJ1610202 a institucionální podpory na dlouhodobý rozvoj VO, rozhodnutí č. RO1117.



Změny sacharidů během zpracování obilovin

(Oldřich Faměra, Marcela Sluková, Pavel Skřivan)



Jak již bylo uvedeno v úvodní kapitole této publikace, obiloviny a výrobky z obilovin jsou významným zdrojem sacharidů. Sacharidy se vyskytují ve všech částech obilného zrna. Nejvíce zastoupenými sacharidy jsou **polysacharidy (škrob a neškrobové polysacharidy)**. Zatímco obsah **monosacharidů a oligosacharidů** (zejména disacharidy a trisacharidy) je nízký, jejich význam není zanedbatelný.

Změny v obsahu a vlastnostech sacharidů obilovin můžeme rozdělit do 2 skupin: **změny fyzikální a změny chemické (včetně biochemických)**.

Během **mletí obilí** dochází k mechanickému a nepatrnému tepelnému poškození škrobových zrn, která jsou poté snadno přístupna působení amylolytických enzymů (Příhoda *et al.*, 2004). Částečné poškození škrobu je v pekařské technologii žádoucí. Maltosa uvolněná během hydrolýzy škrobu je substrátem pro kvasinky nebo bakterie mléčného kvašení při fermentačním procesu během zrání a kynutí těst. Rychlost resorpce škrobu během trávení a tím také glykemický index (GI), je úměrný míře poškoze-

ní škrobových zrn. Podle stupně poškození škrobu se GI obilných výrobků pohybuje v širokém rozmezí 40 - 90 (Sluková *et al.*, 2016).

Zcela zásadní vliv na změnu obsahu a vlastností sacharidů (a tím i na nutriční a senzoryckou hodnotu pekařského výrobku) má proces **pečení**. V počáteční fázi pečení nastává vlivem tepla denaturace bílkovin (což vede ke zvýšení jejich využitelnosti), **mazovatění škrobu (zejména poškozeného škrobu) a probíhají reakce neenzymového hnědnutí**.

Doba a teploty pečení závisí na druhu pekařského výrobku, teplota se pohybuje většinou nad 200°C a doba pečení od 10 min do 60 min.

Fyzikální změny jako je bobtnání, mazovatění a tvorba viskózních disperzí a gelů včetně retrogradace probíhají ve struktuře škrobu i neškrobových polysacharidů (např. beta-glukanů). Jedná se o změny struktury složek ve vodné suspenzi při zahřívání, ochlazení a stání.

Škrob jako majoritní složka mouky a těsta, je schopen navázat určité množství vody (za studena málo, navíc vodu vážou zejména poškozená škrobová zrna) (Příhoda *et al.*, 2004). **Bobtnání a mazovatění škrobu** je jedním z klíčových procesů během tvorby a zrání těst a při pečení. Po zchlazení pečiva dochází k **retrogradaci škrobu**. Přestože v těstě není dostatek vody, aby bobtnání a následné mazovatění proběhlo v plném rozsahu, jsou tyto procesy určující pro tvorbu střídy pečiva a dosažení

její optimální struktury a textury. Retrogradace škrobu se pak zásadní měrou podílí na **stárnutí pečiva**.

Složky obilné vlákniny, zejména **ve vodě rozpustné β -glukany** (zvláště ječmene a ovsa) a **pentosany (arabinoxylany)** (zvláště ze žita) mají také vliv na tvorbu a strukturu těsta a kvalitu pekařského výrobku. Vzhledem k tomu, že běžná pšeničná mouka jich obsahuje relativně málo, jejich význam se uplatňuje zejména u žitných výrobků nebo výrobků s přídavkem ječné nebo ovesné mouky. Ječné beta-glukany a žitné arabinoxylany navíc hrají významnou roli při stárnutí výrobku (zpomalují retrogradaci škrobu díky tomu, že vážou vodu a dlouho ji udrží ve své struktuře).

Větvená struktura arabinoxylanů zajišťuje jejich vyšší tepelnou stabilitu v porovnání s jednodušší strukturou β -glukanů. Bylo zjištěno, že během výroby celozrnného chleba došlo ke snížení molekulové hmotnosti β -glukanů, zatímco molekulová hmotnost arabinoxylanů zůstala téměř nezměněna (Coles et al., 2007). Při výrobě extrudovaných ječných plátků a pelet se výrazně zvýšila rozpustnost β -glukanů (Wiege, 2017; Vasanthan et al., 2002).

Chemické reakce sacharidů vedou k tvorbě celé řady produktů, které mají vliv na výživové i senzoricke vlastnosti (barva, chuť, vůně) cereálních výrobků. Při neenzymovém hnědnutí za přímé účasti sacharidů a zvýšené teploty se vyskytují dva základní typy reakcí: karamelizace a Maillardova reakce (Velíšek a Hajšlová, 2009; Wrolstad, 2012).

Průvodním jevem Maillardovy reakce je vznik hnědých pigmentů, proto se reakce označuje jako **reakce neenzymového hnědnutí**. **Maillardova reakce** se obecně nazývá celá skupina reakcí, při které reagují redukující cukry (např. glukosa, fruktosa, maltosa) s aminoskupinami, které pocházejí z volných aminokyselin, N-koncových aminů, peptidů, nebo bílkovin. Řada meziproductů Maillardovy reakce slouží jako prekurzory vonných a chuťových látek (žádoucí sensorický efekt).

Mechanismus Maillardovy reakce je složitý, ale obecně se odehrává ve třech fázích. V první fázi probíhá kondenzace karbonylové a amino skupiny za tvorby N-substituovaného glykosylaminu, který je dále transformován Amadoriho reakcí. Ve druhé fázi dochází k dehydrataci a fragmentaci cukru a rozkladu amino sloučeniny, což vede k tvorbě chuťových složek. V této fázi také může docházet k rozkladu aminokyselin Streckerovou degradací. Poslední krok je charakterizován tvorbou heterocyklických dusíkatých látek a hnědnutím. Produkty této fáze se nazývají melanoidiny a tvoří se polymerizační reakcí. Tvorba barevných, vonných a chuťových produktů je závislá na době reakce, teplotě, vodní aktivitě, koncentraci prekurzorů, typu reaktantů, poměru cukrů k amino sloučeninám, pH a koncentraci roztoku.

Z monosacharidů obilovin se Maillardovy reakce účastní zejména glukosa a fruktosa. Neredukující disacharid sacharosa se reakce přímo neúčastní. Sacharosa se však snadno hydrolyzuje (při nízké teplotě při pH nižším než 3, nebo při teplotě nad 70 °C již při pH 7 a vyšším) a vznikající glukosa a fruktosa jsou značně reaktivní. Ostatní sacharidy vázané glykosidovou vazbou v glykoproteinech a glykolipidech se mohou účastnit Maillardovy reakce až po hydrolyze na monosacharidy.

Některé produkty Maillardovy reakce mohou způsobit negativní chuť nebo vzhled produktu a tím ovlivnit jeho výslednou kvalitu. Pozornost je potřeba věnovat také produktům s mutagenní a karcinogenní aktivitou. V potravinářství je ale Maillardova reakce obecně žádoucí a je podstatou charakteristických sensorických vlastností chleba a pečiva (krekry, sušenky) a celé řady dalších potravin jako je pražená káva, kakao, bramborové hranolky nebo lupínky (chipsy), nebo pečené a grilované maso.

Jedním z nežádoucích produktů Maillardovy reakce je **akrylamid**. Tvoří se v potravinách, u kterých dochází k zahřívání na teploty 120 °C a vyšší (např. chipsy, káva a kůrka chleba), kdy dochází k rozkla-

du aminokyseliny asparaginu (donor NH_2 skupiny) a jeho reakci s glukosou nebo jiným monosacharidem (Capuano a Fogliano, 2010). Asparagin se vyskytuje ve všech částech obilného zrna, včetně klíčku. Celozrnné mouky tak mohou obsahovat vyšší obsahy tohoto prekursoru.

Mezi zdroje s vyšším obsahem akrylamidu patří také **pražené slady**. Pro výrobu karamelového sladu se podle typu používá vyhřívací teplota 120 - 180 °C, u barevného sladu je teplota pražení až 220 °C. Tyto slady se používají v potravinářství k dobarvování výrobků a zejména při výrobě piva.

Jak již bylo zmíněno, **tvorba a obsah akrylamidu** v dané potravíně závisí na mnoha faktorech, především na složení potraviny (včetně obsahu vody), způsobu výroby (teplota a doba tepelného opracování), aktivitě vody (a_w), pH a podmínkách skladování (Velíšek a Hajšlová, 2009).

V povrchové vrstvě pekařského výrobku (hlavně chleba) se vytváří charakteristická zlatohnědá až kaštanová barva kůrky spojená se správně vypečeným pekařským výrobkem. V pekařských výrobcích se akrylamid tvoří pouze v kůrce, kde je dosažena vysoká teplota. Obsah akrylamidu v chlebu závisí zejména na druhu a stupni vymletí mouky, použití kvasu, podmínkách zrání a kynutí těsta (doba, teplota, pH apod.), na době a teplotě pečení (Forstova *et al.*, 2014). Obsah akrylamidu se v chlebu pohybuje **od 15 až do 161 $\mu\text{g}/\text{kg}$** .

Vyšší obsah akrylamidu byl naměřen v kůrce žitných a žitnopšeničných chlebů, běžného a jemného pečiva (obsahy akrylamidu byly zpravidla nižší než u chlebů), na povrchu cereálních výrobků typu „snack foods“ (extrudované a pufované výrobky, pečivářenské výrobky, některé druhy cereálních snídaní atd.). Z dosavadních výsledků vyplývá, že obsah akrylamidu v chlebech, pečivu a ostatních cereálních výrobcích vesměs nepřekračuje indikativní hodnoty (uvedeny v Příloze, *RECOMMENDA-*

TIONS, COMMISSION RECOMMENDATION 2013, 2013/647/EU).

Na druhé straně, zejména u některých speciálních výrobků (především těch, které jsou v průběhu výrobního procesu vystaveny vysokým teplotám a u nichž je nepříznivý poměr povrchu vůči hmotnosti) nemáme naprostou jistotu. Platí to například pro extrudované výrobky, pufované výrobky i některé speciální druhy chleba a pečiva (zejména s přídavkem brambor a bramborových komponent), křehké chleby apod.

Obsah akrylamidu **v sušenkách** závisí na použité receptuře (použití kypřicí látky uhličitanu amonného), technologii zpracování (vlhkost sušenky) či finální úpravě.

Akrylamid (prop-2-enamid) je amid kyseliny akrylové. Je to bílá krystalická látka bez vůně, dobře rozpustná ve vodě, v etanolu a dalších polárních rozpouštědlech. Akrylamid slouží jako výchozí surovina (např. ve Spolkové republice Německo asi 20 tis. tun ročně) **pro výrobu polyakrylamidu**. Propojením molekul akrylamidu (monomerů) vzniká netoxický polymer polyakrylamid. Polyakrylamid se využívá v papírenském, stavebním, metalurgickém, textilním průmyslu a také při výrobě kosmetiky. V molekulární biologii je základní složkou polyakrylamidového gelu, který se používá při stanovení odrůdové pravosti pšenice a ječmene elektroforézou bílkovinných genetických markerů (**PAGE**).

Akrylamid je považován za neurotoxin, který se vstřebává do celé řady orgánů, váže se na hemoglobin, sérové albuminy, DNA a enzymy. Byl objeven ve Švédsku v roce 2002. Je toxický v dávkách v řádu mg/kg , ale není vyloučena jeho kumulace v organismu a taktéž IARC – WHO (*International Agency for Research on Cancer*) označen jako potenciální lidský karcinogen. Podle WHO (Světová zdravotnická organizace) je v populaci odhadovaný denní příjem v potravě 0,3 - 2,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ tělesné váhy.

19. července 2017 odsouhlasili zástupci členských států Evropské unie návrh Nařízení EU, které **sníží limitní hodnoty akrylamidu** v jednotlivých druzích potravin. V důsledku tohoto opatření budou muset výrobci cíleně vybírat zemědělské suroviny a upravovat výrobní technologie přípravy potravin.

Nové strategie pro snížení obsahu akrylamidu v potravinách jsou z velké části ve fázi pokusů a studií, ať už v laboratorním, tak poloprodučním měřítku (Capuano a Fogliano, 2010). Hledají se vhodnější odrůdy brambor a obilovin s nižším obsahem prekurzorů (aminokyseliny asparaginu). Mění se receptury, v nichž se nahrazují redukující cukry sacharóou nebo sorbitolem, uhlíčan amonný se nahrazuje uhlíčanem sodným, upravují se teploty při pečení a smažení, nebo se optimalizuje doba kynutí pekařských výrobků. V případě trvanlivého pečiva se přidává enzym asparaginasa, což může vést ke snížení tvorby akrylamidu až o 90 %. Nevýhody některých těchto změn technologie jsou vyšší příjem sodíku, prodloužení kynutí a tvorba jiných nežádoucích látek, nebo nedostatečná barva pekařských výrobků (světlá barva kůrky pečiva).

Dalšími zákroky, které vedou ke snížení obsahu akrylamidu v potravinách patří vakuové nebo mikrovlnné smažení, dále blanšírování a máčení v roztoku lysinu a citronové kyseliny, nebo blanšírování a fermentace pomocí bakterií mléčného kvašení (vliv nízkého pH).

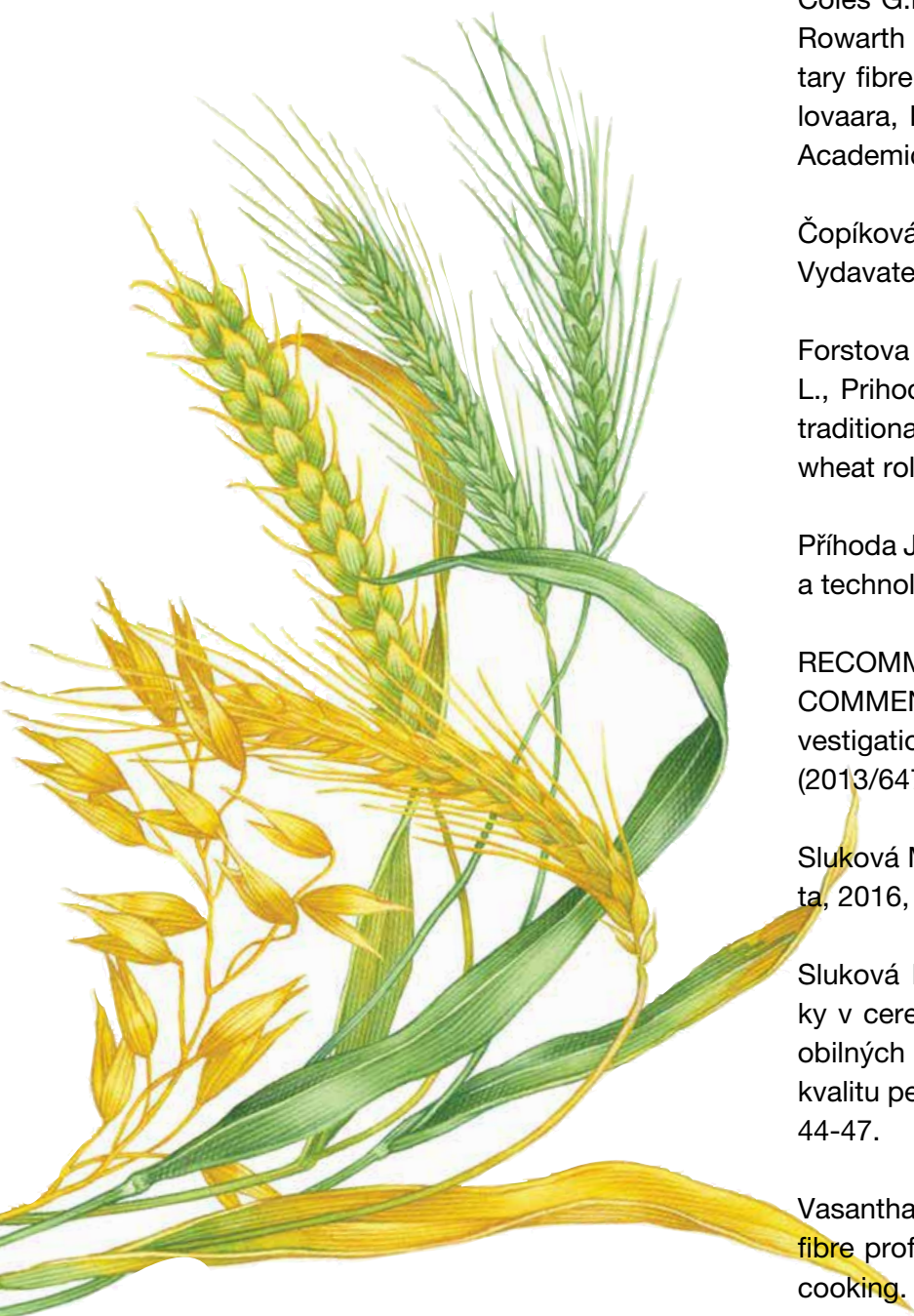
V kyselém prostředí dochází k hydrolýze glykosidové vazby redukujících i neredukujících sacharidů a vznikají volné sacharidy s nižší molekulovou hmotností. Z aldóse se tvoří deoxycukry a furan-2-karbaldehydy (toxické **furfuraly a jeho deriváty**) (Čopíková, 1997). Deoxycukry jsou deriváty sacharidů, v jejichž molekule je jeden nebo více hydroxy-lů s výjimkou poloacetálového hydroxidu nahrazen atomem vodíku. Další reakcí v kyselém prostředí je esterifikace hydroxylové skupiny na anomerním uhlíku cukru za vzniku esterů.

Reakce sacharidů v silně alkalickém prostředí probíhají například při výrobě trvanlivého pečiva (louhování preclíků a tyčinek). V závislosti na pH, teplotě a přístupu vzduchu probíhá v alkalickém prostředí řada dějů, které následují po změnách zahájených izomerizací a epimerizací, a které vedou většinou k degradaci molekul cukrů (Čopíková, 1997). Konečnými produkty těchto reakcí jsou především hydroxykyseliny (zejména kyselina mléčná).

Během **biochemických procesů** vzniká v potravinách široké spektrum aromatických (vonných a chuťových) látek. **Produkty fermentace sacharidů** (oxid uhličitý, vodík, peroxid vodíku, organické kyseliny, alkoholy, aldehydy apod.) mají významnou roli ve výživě i technologii. Fermentací vzniklé organické kyseliny (kyselina mléčná, octová, propionová apod.) snižují pH potravin. **Snížení pH potravin** a následná tvorba dalších antimikrobiálních látek (např. cyklické peptidy) během fermentace může vést k prodloužení trvanlivosti chleba a pečiva (Sluková *et al.*, 2016; Sluková *et al.*, 2012). Prodloužení trvanlivosti na bázi přirozeně vzniklých antimikrobiálních složek je většinou výhodnější než dávkování přídatných (konzervačních) látek.

Při fermentaci kvasů a těsta mohou být **aktivovány obilné pentosanasy a xylanasy**, které mají vliv na strukturu pentosanů (arabinoxylanů). Štěpením těchto polysacharidů vzniká větší množství nižších cukrů, které slouží jako substrát pro mikroorganismy, a navíc se aktivně účastní Maillardovy reakce (důsledkem je výrazná barva povrchu pečené potravin, např. žitného chleba apod.).

Rozsah fermentačních změn závisí na přítomné nebo přidané mikrobiální kultuře, podmínkách fermentace, typu sacharidu apod. Fermentační procesy probíhají **i při dělení, tvarování, popř. formovém kynutí a dokynutí**. Vedle senzorycky (zvýšení kyselosti a zdůraznění chuti, pozitivní změny aroma) či technologicky významných účinků (zvýšení objemu, nakypření, zvýšení vláčnosti a stabilizaci těsta), má fermentace vliv na stravitelnost složek.



Bylo zjištěno, že pšenice pěstované na půdách s nízkým obsahem síry obsahují v obilce vyšší obsah aminokyseliny asparaginu. Výrobky z této pšenice obsahovaly 4,7x vyšší obsah akrylamidu ve srovnání s výrobky z pšenice pěstované na půdě s dostatečnou zásobou síry.

Použitá literatura ke kapitole **Změny sacharidů během zpracování obilovin:**

Capuano E., Fogliano V. Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural (HMF): A review on metabolism, toxicity, occurrence in food and mitigation strategies. *LWT - Food Sci. Technol.*, 2010, 44: 793-810.

Coles G.D., Roberts S.J., Butler R.C., Morell M.K., Rowarth J.S.: The role of β -glucan in barley. In *Dietary fibre-components and functions*, 2007, H. Salovaara, F. Gates, M. Tenkanen (ed.), Wageningen Academic Publishers. The Netherlands. 65-74 pp.

Čopíková J. *Chemie a analytika sacharidů*, 1997, Vydavatelství VŠCHT Praha.

Forstova V., Belkova B., Riddelova K., Vaclavik L., Prihoda J., Hajslova J. Acrylamide formation in traditional Czech leavened wheat-rye breads and wheat rolls. *Food Control*, 2014, 38: 221-226.

Příhoda J., Skřivan P., Hrušková M. *Cereální chemie a technologie I.*, 2004, Vydavatelství VŠCHT Praha.

RECOMMENDATIONS, COMMISSION RECOMMENDATION of 8 November 2013 on investigations into the levels of acrylamide in food (2013/647/EU)

Sluková M. a kol. *Výroba potravin a nutriční hodnota*, 2016, Vydavatelství VŠCHT Praha.

Sluková M., Smrž F., Horáčková Š. Nové poznatky v cereální biotechnologii: vývoj fermentovaných obilných produktů, jejich charakteristika a vliv na kvalitu pekařských výrobků. *Pekař cukrář*, 2012, 10: 44-47.

Vasanthan T., Gaosong J., Yeung J., Li J. Dietary fibre profile of barley flour as affected by extrusion cooking. *Food Chem.*, 2002, 77: 35-40.

Velíšek J., Hajšlová J. Chemie potravin I. a II., 3. Vydání, 2009, Osis, Tábor.

Wiege I. Změny obsahu a kvality vlákniny potravy u obilovin během zpracování. Disertační práce. 2017, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze.

Wrolstad E. Reactions of sugars: Food Carbohydrate Chemistry. 1. ed., 2012, John Wiley & Sons, Institute of Food Technologists, Chichester. UK.



Vliv přídatku různých typů vlákniny na kvalitu pekařských výrobků

(Lenka Blažková, Marcela Sluková)

Hlavními zdroji vlákniny ve výživě člověka jsou **ovoce, zelenina, brambory, obiloviny, pseudoobiloviny** a luštěniny. Průměrný příjem vlákniny v České republice je o polovinu nižší, než je doporučená denní dávka (přibližně 30 g/den). Proto jsou snahy o začlenění různých druhů vlákniny do potravinářských produktů, jako jsou chleby, běžné pečivo, jemné pečivo, sušenky ale i cukrářské výrobky. Mezi nejčastěji využívané typy vlákniny patří **obilné otruby (nejčastěji pšeničné), speciální obilné mouky (celozrnné, nebo vybrané šrotové pasáže), lněná, bramborová, citrusová nebo jablečná vláknina**.

Termín vláknina (jako balastní, nestravitelné složky potravy) byl poprvé zmíněn v roce 1953 a zahrnoval hemicelulosa, celulosu a lignin. V roce 1972 Trowell definoval vlákninu jako zbytky buněčných stěn rostlin, které nejsou hydrolyzovány trávicími enzymy člověka.

Americká asociace cereálních chemiků (AACC) v roce 2001 navrhla a schválila stručnou definici vlákniny zahrnující její charakteristiku včetně zdravotních účinků. Vláknina potravy byla definována jako jedlé části rostlin nebo analogické sacharidy, které jsou odolné vůči trávení a absorpci v tenkém střevě s úplnou nebo částečnou fermentací v lidském tlustém střevě. **Vláknina zahrnuje polysacharidy, oligosacharidy, lignin a související rostlinné látky**. Vláknina podporuje fyziologické účinky včetně laxativních, snižuje hladinu cholesterolu v krvi a postprandiální glykemii.

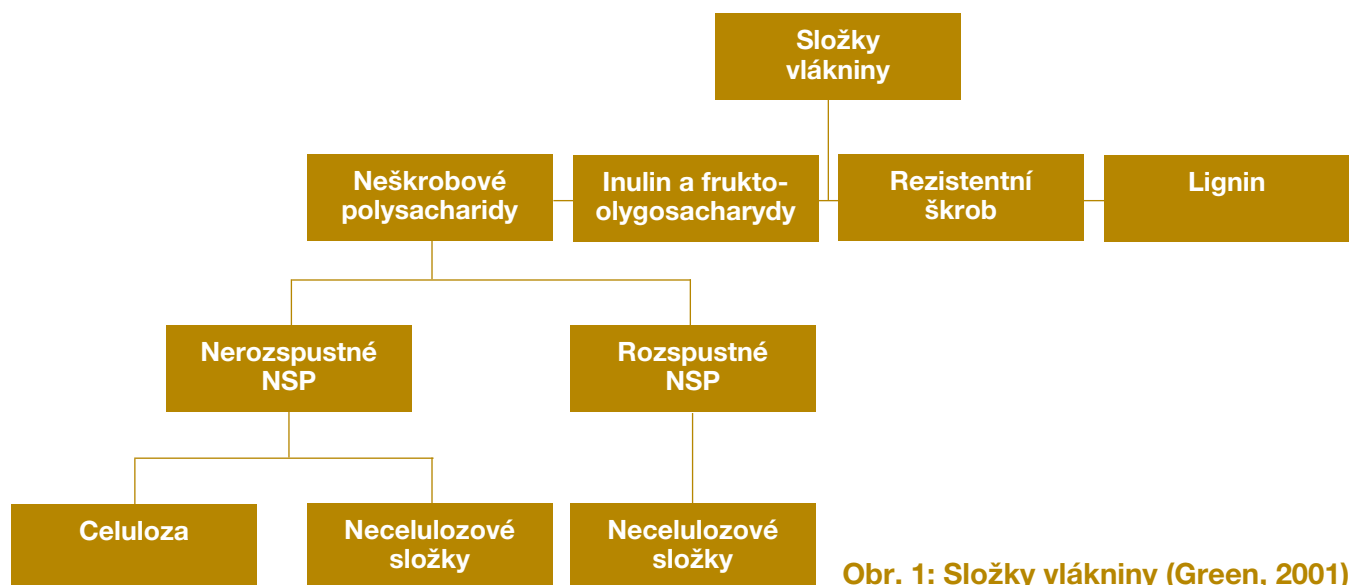
Z nařízení Evropského parlamentu a rady (EU) č. 1169/2011, příloha I uvádí: „Vlákninou se rozumějí uhlovodíkové polymery s třemi nebo více mono-

merními 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“.

Složky vlákniny

Vlákninu je možné rozdělit do 4 hlavních kategorií: **neškrobové polysacharidy, inulin a fruktooligosacharidy, rezistentní škrob a lignin** (viz obr. 1). Neškrobové polysacharidy (NSP - *Non Starch Polysaccharides*) (tvořené zejména celulosou, β -glukany a arabinoxylany) tvoří 40 - 50 % z celkového příjmu vlákniny. Tato část pochází převážně z obilovin, zeleniny a brambor. **Neškrobové polysacharidy se dále dělí na ve vodě rozpustné a nerozpustné**. Inulin a fruktooligosacharidy představují 2 - 12 % z celkového denního příjmu vlákniny, rezistentní škrob 1,5 - 15 % a lignin 1 - 1,4 %. Příspěvky těchto složek vlákniny z obilovin, ovoce a zeleniny jsou uvedeny v tabulce 4.



Obr. 1: Složky vlákniny (Green, 2001)

Tabulka 4: Příspěvek vlákniny z různých rostlinných zdrojů (Southgate, 1969)

Zdroje vlákniny	Necelulozové polysacharidy (%)	Celulosa	Lignin
obiloviny	71 - 82	12 - 22	St - 1,5
syrová zelenina	52 - 76	23 - 42	St - 1,3
ovoce	46 - 78	9 - 33	1,0 - 3,8

Dělení vlákniny

Vláknina může být klasifikována podle několika kritérií. Podle zdroje dělíme vlákninu na **rostlinné polysacharidy, polysacharid chitin a polysacharidy odvozené z přírodních nebo syntetických zdrojů**. Chitosan je vláknina živočišného původu, která je odvozena z chitinu obsaženého v exoskeletonu korýšů (Elleuch *et al.*, 2011). Chitosan je polysacharid vyráběný deacetylací chitinu.

Polysacharidy dále dělíme podle struktury na lineární a nelineární (větvené).

Od roku 1980 dělíme vlákninu podle její **rozpuštěnosti** ve vodě na ve vodě rozpustnou a nerozpustnou vlákninu (Kamp *et al.*, 2004). Odborníci na výživu doporučují ve stravě pravidelný zvýšený příjem

rozpustné vlákniny. Poměr rozpustné a nerozpustné vlákniny by měl být 3:1. V řadě potravin včetně většiny cereálních výrobků je však poměr složek opačný. Chemickou (tepelně např. extruzí), biochemickou (působením enzymů) nebo fyzikální úpravou (mikrovlnný ohřev, autoklávování) se může nepatrně změnit poměr mezi nerozpustnou a rozpustnou částí vlákniny.

Rozpustná vláknina

Rozpustná vláknina, někdy označována také jako **bobtnavá vláknina**, snadno hydratuje a bobtná ve vodném prostředí. Při trávení v tenkém střevě dochází k částečné fermentaci rozpustné vlákniny a v tlustém střevě je pomocí střevní mikroflóry fermentována úplně. Rozpustná vláknina se chová jako potravní substrát pro zdraví prospěšné mikro-

organismy. Působí jako prebiotikum a může zlepšovat imunitu člověka (Shrivastava a Goyal, 2007).

Ochranné vlastnosti vlákniny při zánětlivých střevních onemocnění (jako Crohnova choroba a ulcerózní kolitida) se týkají zejména zvýšení produkce mastných kyselin s krátkými řetězci (tzv. SCFAs, *Short Chain Fatty Acids*). Rozpustná vláknina přispívá k udržení normální hladiny krevního cholesterolu a snižuje hladinu glukosy a inzulínu v krvi. Mezi rozpustnou vlákninu řadíme fruktany, arabinoxylany, β -glukany, glukomannany a pektin.

Inulin a oligofruktosany

V přírodě se **inulin** vyskytuje v různých druzích ovoce a zeleniny, jako jsou například **topinambury, artyčoky, cibule a česnek** (Velíšek, 1999). Průmyslově se získávají z **kořenů čekanky**. Inulin bývá funkční složkou potravin (zejména v dětské výživě, kde slouží jako prebiotikum), je také součástí doplňků stravy. Přídavek inulinu do potravin má vliv na texturu a na zlepšení chuti a pocitu v ústech.

Inulin je sloučenina s D-fruktofuranosovými polymery spojenými vazbou β -(2 \rightarrow 1) na anomerním uhlíku C-2 zakončená jednou jednotkou glukosy. Izolovaný inulin je bezbarvý prášek, bez pachu, s příjemnou lehce nasládlou chutí. Slouží jako **prebiotická složka potravin**, která je ve střevě fermentována střevní mikroflórou za vzniku plynů a SCFAs (Roberfroid, 2005). Rozpustnost inulinu ve vodě závisí na stupni polymerizace řetězce (**DP**).

Smísením inulinu s vodou dochází k tvorbě gelové sítě a následně bílé krémové struktury, která se používá při výrobě zmrzlin, pomazánek a omáček. Inulin slouží jako náhrada tuku, jako zahušťovadlo, jako látka pro zlepšení stability pěny a emulzí. Díky sladké chuti se využívá také jako náhrada cukru u diabetických a nízkenergetických potravin a nápojů. Odstraněním frakcí s polymerizací nižší než 10 je připravován vysoce účinný (tzv. **HP** nebo-li *High*

Performance) inulin, jehož sladivost je téměř nulová.

Komerční označení oligofruktosanů, oligofruktosa, se vyrábí enzymovou hydrolýzou inulinu z čekanky pomocí enzymu **endoinulínasy**. Izolovaná a přečištěná oligofruktosa má podobu bílého prášku nebo bezbarvého viskózního sirupu. Oligofruktosa může být také syntetizována ze sacharosy pomocí **fruktosyltransferasy**. Od inulinu se oligofruktosa liší délkou řetězce, DP a molekulovou hmotností. Oligofruktosa je **snadno rozpustná ve vodě** (lépe než inulin) a její technologické vlastnosti se podobají cukrům a glukosovým sirupům. V potravinách a nápojích se často využívá v kombinaci s velmi intenzivními umělými sladidly, jako jsou Aspartam a Acesulfam K.

Použití inulinu a oligofruktosy v některých pekařských výrobcích a snídaňových cereáliích představuje významný pokrok ve srovnání s využitím klasické vlákniny. Inulin a oligofruktosa dodávají **křehkost** extrudovaným potravinám, udržují střídu chlebě **vláchnou a měkkou** po delší dobu.

Pektin

Pektin je hlavní složkou buněčných stěn a mezibuněčných prostor vyšších rostlin. Základní strukturu všech pektinů tvoří lineární řetězec 25 - 100 jednotek **D-galakturonové kyseliny** spojených vazbami β -(1 \rightarrow 4) (Velíšek, 1999). Jednotky galakturonové kyseliny jsou do různého stupně esterifikovány metanolem a některé β -D-galaktopyranuronáty a metyl-(β -D-galaktopyranuronáty) jsou acetylovány v poloze C-2 nebo C-3. V potravinářském průmyslu je pektin známý jako želírující látka, která se využívá při výrobě **džemů, želé, ovocných šťáv, cukrářských výrobků a je součástí pekařských náplní**. Další uplatnění nachází pektin v mléčném průmyslu jako stabilizátor okyselených mléčných nápojů a jogurtů. Vyrábí se ve formě bílého až světle hnědého prášku. Hlavním zdrojem extrahovaného pektinu je kůra citrusových plodů a jablečné výlisky. V Nařiv-

zení komise (EU) č. 432/2012 je uvedeno: „Pektiny přispívají k udržení normální hladiny cholesterolu v krvi. Konzumace pektinů s jídlem přispívá k omezení nárůstu hladiny glukózy v krvi po tomto jídle“.

β-glukany

Obilné β-glukany patří do skupiny neceluloso- vých polysacharidů, jsou tvořeny vazbami β-(1→3) a β-(1→4). Jsou z části rozpustnou a z části nerozpustnou vlákninou potravy (Velíšek, 1999). Významné množství β-glukanů se nachází v buněčných stěnách obilovin, jako jsou **ječmen, oves**, žito i **pšenice**. Obsah β-glukanů se liší v závislosti na odrůdě obiloviny a klimatických podmínkách. Ovesné a ječné β-glukany se nachází v endospermu a aleuro- nové vrstvě, zatímco v žitném a pšeničném endospermu se β-glukany téměř nevyskytují. Díky jejich vysoké **viskozitě** mohou být β-glukany použity jako stabilizátory do omáček, dresinků a zmrzlin (Sourki *et al.*, 2017). Fyzikálně-chemické vlastnosti β-glukanů závisí na jejich původu. **Rozpustnost β-glukanů** ve vodě závisí především na jejich struktuře a klesá s vyšším počtem β-(1→4) vazeb (Velíšek, 1999).

Bylo prokázáno, že β-glukany ovlivňují hladinu glukózy a inzulínu v krvi. Produkty s vyšším obsahem β-glukanů mají nízký glykemický index a mohou pomoci v prevenci diabetu 2. typu, kardiovaskulárním onemocněním a obezitě (Salovaara *et al.*, 2007; Duss a Nyberg, 2004).

Arabinoxylany

Arabinoxylany, také známé pod starším označením pentosany, jsou neškrobové polysacharidy nacházející se zejména v obilovinách (žito, pšenice, ječmen). Hlavní řetězec je tvořen **D-xylanopyranosovými jednotkami** a boční řetězce obsahují jednotky **arabinofuranosy** (Velíšek, 1999). Rozpustnost arabinoxylanů závisí na stupni větvení. Více větvené molekuly jsou rozpustnější ve vodě. Rozpustné arabinoxylany jsou významné složky pšeničné, a hlav-

ně žitné mouky. Mají značný vliv na vaznost mouky, na viskozitu a reologické vlastnosti těsta. Některé žádoucí pekařské vlastnosti souvisí s přítomností arabinoxylanů jako například větší objem pečiva v důsledku zadržování oxidu uhličitého nebo zpomalení stárnutí pečiva snížením rychlosti retrogradace škrobu. Naopak ve vodě nerozpustné arabinoxylany mají negativní vliv na kvalitu mouky, těsta a pečiva. Arabinoxylany často obsahují v molekule vázanou ferulovou kyselinu, která vykazuje určité antioxidační působení.

Schválené zdravotní tvrzení podle Nařízení komise EU č. 432/2012 týkající se **konzumace arabinoxylanů z pšeničného endospermu** je následující: „Konzumace arabinoxylanu jakožto součásti jídla přispívá k omezení nárůstu hladiny glukózy v krvi po tomto jídle.“ Podmínky používání tvrzení: „Tvrzení smí být použito pouze u potravin, které obsahují nejméně 8 g vlákniny bohaté na arabinoxylan (AX) vyrobené z endospermu pšenice (nejméně 60 % hmotnostních AX) na 100 g využitelných sacharidů v kvantifikované porci jakožto součást jídla. Aby bylo možné tvrzení použít, musí být spotřebitel informován, že příznivého účinku se dosáhne konzumací vlákniny bohaté na arabinoxylany vyrobené z endospermu pšenice jakožto součást jídla.“

Nerozpustná vláknina

Jedná se o složky strukturních polysacharidů v obalech a podobalových částech obilovin, luštěnin, ovoce a zeleniny. Mezi nerozpustnou vlákninu se řadí **celulosa, hemicelulosa (xylany, xyloglukany, nerozpustné beta-glukany a arabinoxylany) a lignin** (Svačina *et al.*, 2008). Nerozpustná vláknina bobtná ve vodě jen omezeně a ani s ní netvoří gel. Zvýšený obsah nerozpustné vlákniny mají **pšeničné otruby, slupky zeleniny a ovoce, ořechy a celozrnné výrobky**. Složky nerozpustné vlákniny zlepšují střevní peristaltiku, snižují riziko vzniku kolorektálního karcinomu a divertikulózy střev. Působí jako zdroj výživy pro bakterie tlustého střeva.

Celulosa

Celulosa, jako základní strukturální polysacharid buněčných stěn rostlin, je vysokomolekulární lineární homopolymer skládající se z β -D-glukopyranosových jednotek spojených β -(1→4) glykosidovými vazbami (Velíšek, 1999). V potravinách tvoří značný podíl ve vodě nerozpustné vlákniny. Celulosa tvoří 40 - 50 % dřevní hmoty, 80 % lněných a 90 % bavlněných vláken. V pšeničné mouce bývá přítomno pouze 0,2 - 3 % celulosy, v otrubách je její množství značně vyšší, kolem 30 - 35 %. Je nerozpustná ve vodě, ve zředěných kyselinách, zásadách a většinou rozpouštědel. Rozpouští se za varu v koncentrovaných kyselinách a zásadách. Hlavní uplatnění v potravinářském průmyslu mají spíše modifikované celulosy.

Lignin

Lignin je fenolický polymer vyskytující se v buněčných stěnách rostlin zejména v dřevní hmotě napojený **do komplexu s celulosovými vlákny** (Velíšek, 1999). V menším množství je lignin součástí vlákniny ovoce, zeleniny a obilovin. Jedná se o kopolymer fenylpropanových jednotek odvozených od koniferylalkoholu, *p*-kumarylalkoholu a sinapylalkoholu. Tyto jednotky jsou mezi sebou vázány eterovými vazbami. Bylo prokázáno, že lignin může vykazovat antioxidační, UV absorpční nebo fungicidní aktivitu.

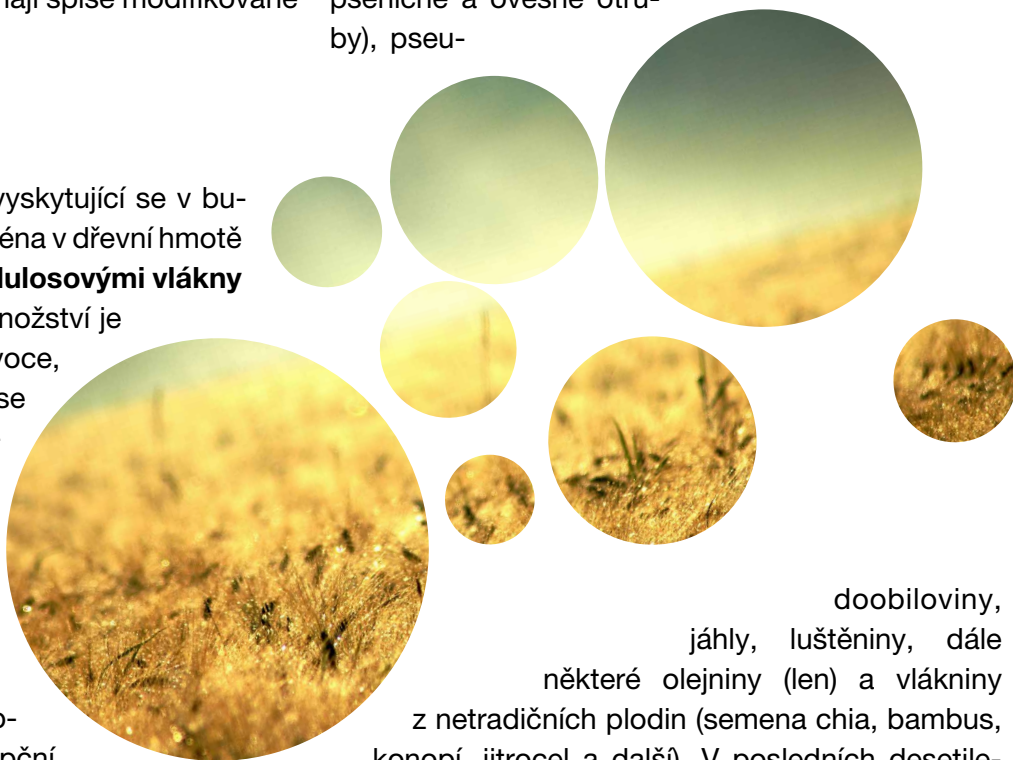
Xyloglukany

Xyloglukany jsou z větší části nerozpustné složky vlákniny, patřící mezi **heteroglukany**. Jsou to dominantní hemicelulosa buněčných stěn dvouděložných rostlin. Základem molekuly xyloglukanů

je β -D-(1→4)-glukan s jednotkami D-xylopyranosy v postranních řetězcích, které jsou vázány na glukosu β -(1→6) glykosidovými vazbami (Velíšek, 1999). Dále obsahují zbytek D-galaktosy vázaný na D-xylosu blízko redukujícího konce vazbami β -(1→2). Mohou obsahovat také L-fruktopyranosu vázanou na galaktosu β -(1→2) vazbou.

Zdroje vlákniny

Jak již bylo zmíněno v úvodní části této kapitoly, významnými zdroji vlákniny jsou ovoce, zelenina, brambory, obiloviny (vločky, ječné kroupy, celozrnné mouky, ječná a žitná mouka, pšeničné a ovesné otruby), pseu-



dobiloviny, jáhly, luštěniny, dále některé olejniny (len) a vlákniny z netradičních plodin (semena chia, bambus, konopí, jitrocel a další). V posledních desetiletích se využívají ve větším měřítku také různé druhy **ovocné vlákniny**, například citrusová nebo jablečná. Ovocná vláknina obsahuje mimo jiné i **biologicky aktivní látky**, například flavonoidy a karotenoidy (Eskicioglu *et al.*, 2015).

V zahraničí (zejména v USA) jsou také využívány k obohacení chleba a pečiva syntetické vlákniny

(jako je polydextrosa nebo modifikovaná celulóza) nebo rezistentní škroby (<http://foodingredients.com>).

Jablečná vláknina

Jablečná vláknina je součástí jablečných výlisků při zpracování moštu a džusů. V obchodní síti je jablečná vláknina k dostání ve formě hnědého až hnědočerveného prášku (Společnost Donauchem s.r.o., interní materiály). Ve srovnání s komerčními pšeničnými a ovesnými otrubami má jablečná vláknina **větší množství celkové vlákniny**, ale menší množství vody, popela a bílkovin. Procentuální zastoupení sacharidových složek a ligninu v jablečné vláknině je uvedeno v tabulce 5 (Chen *et al.*, 1988). Jablečná vláknina obsahuje i flavonoidy, polyfenoly a karotenoidy.

Sudha *et al.* (2007) se zabývali studiem vlivu přídavku jablečné vlákniny na reologické vlastnosti těsta. Zjistili, že přídavek jablečné vlákniny výrazně zvyšuje vaznost vody, ovlivňuje elastické vlastnosti těsta, barvu střídy a snižuje objem výrobků.

Citrusová vláknina

Citronové výlisky vznikající jako vedlejší produkt při výrobě citronových šťáv obsahují velké množství polyfenolů (fenolické kyseliny, flavonoidy) a lipofilních pigmentů (karotenoidy).

Chang *et al.* (2015) sledovali vliv přídavku citrusové vlákniny na reologické a senzorycké vlastnosti chleba. Citrusová vláknina byla extrahována z citronových výlisků a obsahovala 8,3 % vlhkosti, 4,41 % popela, 6,9 % bílkovin, 0,6 % tuku a **63,9 % celkové vlákniny**. Z toho **nerozpustná** vláknina činila **51,4 %** a **rozpustná** vláknina **12,4 %**. Autoři zjistili, že 10% přídavek vlákniny působil nepříznivě na kvalitu kynutého chleba, došlo ke snížení objemu, soudržnosti a elasticity těsta. Výsledky této studie vedly k závěru, že nejlepší senzorycké, texturní a výživové vlastnosti mělo pečivo jen s 3% přídavkem citrusové vlákniny.

Tabulka 5: Složky jablečné vlákniny (Chen *et al.*, 1988)

Složka	Rozpustná vláknina (% z celkového obsahu vlákniny)	Nerozpustná vláknina
volná galakturonová kyselina	0,74 ± 0,04	-
hemicelulosy	19,20 ± 0,06	4,26 ± 0,52
pektin	8,70 ± 0,70	
celulóza	-	39,90 ± 3,40
lignin	-	15,30 ± 0,50

Bambusová vláknina

Bambusová vláknina je v obchodech k dostání ve formě bílého prášku s minimálním obsahem vlákniny kolem 95 %. Vyrábí se z bambusových výhonků, které obsahují **6 až 8 g vlákniny/100 g** (Společnost Donauchem s.r.o., interní materiály). V zahraničí je bambusová vláknina součástí snídaňových cereálií, těstovin, omáček, ovocných džusů, pečiva, dokonce i sýrů, jogurtů, čokoládových i nečokoládových cukrovinek nebo masných výrobků (Chongtham *et al.*, 2011).

Bramborová vláknina

Lisovaná bramborová vláknina je jedním z produktů při výrobě bramborového škrobu. Bramborová vláknina vykazuje **vyšokou vaznost vody** (10 - 15 g vody/1 g bramborové vlákniny), což může způsobovat problémy při zpracování některých typů pekařských výrobků (lepivost těsta, delší doba pečení výrobku, vlhká střída pečiva, mikrobiální rizika apod.) (Společnost Donauchem s.r.o., interní materiály). Zvýšená vaznost vody je dána složením buněčné stěny, velikostí částic, podmínkami sušení a dalšími případnými tepelnými a mechanickými úpravami (Ramaswamy *et al.*, 2012).

Curti *et al.* (2016) zkoumali využití bramborové vlákniny k prodloužení trvanlivosti chleba. Často se používá bramborová vláknina jako **složka bezlepkových pekařských výrobků** (Levková, 2016).

Vláknina z cukrové řepy

Řízky z cukrové řepy jsou bohaté na vlákninu a využívají se zejména ke krmení hospodářských zvířat. Michel *et al.* (1988) sledovali vlastnosti vlákniny izolované z vyslazených řízků cukrové řepy. Vláknina cukrové řepy obsahovala 26 - 32 % hemicelulos, 22 - 24 % celulosy, 22 - 23 % pektinu, a 1 - 2 % ligninu.

McKee a Latner (2000) zjistili, že **celozrnný chléb** s 8% přídavkem řepné vlákniny vykazoval ještě přijatelné fyzikální a organoleptické vlastnosti. Zatímco v receptuře **muffinů** byl optimální přídavek této vlákniny jen kolem 4 %.

Psyllium

Psyllium je komerční název pro rozemleté slupky semene jitrocele vejčitého (*Plantago ovata*). Přípravek psyllia ve formě prášku je bílý vláknitý hydrofilní materiál, který tvoří s vodou bezbarvý vysoce viskózní roztok až gel. Obsahuje asi 80 % rozpustné vlákniny (Společnost Donauchem s.r.o., interní materiály). Z monosacharidového složení po hydrolýze vlákniny psyllia bylo stanoveno 75 % xylosy, 23 % arabinosy a stopové množství dalších cukrů. Hlavní složkou vlákniny je zřejmě rozpustný, **vysoce větvený arabinoxyfan**.

Příjem psyllia ve vyspělých zemích je především ve formě doplňků stravy. Psyllium bylo úspěšně přidáno do jogurtů, těstovin nebo i sušenek. (Raymundo *et al.*, 2014).

Lněná vláknina

Lněná vláknina je druhou nejvíce zastoupenou složkou ve lněném semenu. Představuje asi **28 % hmotnosti lněného semena** (Oomah a Mazza, 1998). Lněná vláknina (někdy bývá obchodně označována také jako lněná mouka) je jemná drť lněných semen po jejich částečném odtučnění. Rozpustná složka lněné vlákniny tvoří ve vodě **slizy nebo gummy**, které představují asi **8 % hmotnosti lněného semena**. Po konzumaci lněných produktů dochází působením rozpustné, slizovité vlákniny k urychlení činnosti střev, zrychlení střevní peristaltiky, odstranění zácpy či zastavení průjmu.

Mezi další složky lněné vlákniny patří **lignany**. Hlavním lignanem přítomným ve lněném semenu je diglukosid sekoisolariciresinol (**SDG**), dále matai-

resinol, pinoresinol a lariciresinol. SDG je pomocí bakterií v tlustém střevě přeměněn na takzvané savčí lignany, které mají antioxidační efekt a vykazují pozitivní vliv na prevenci diabetu 2. typu. Lignany vykazují navíc **fytoestrogenní účinky**. Po příjmu potravy se lignany pomocí bakterií v tlustém střevě přeměňují na dvě jednoduché fenolové látky, **enterolakton a enterodiol**. Tyto látky se označují jako savčí lignany, protože se nacházejí pouze u savců. Vysoký příjem vlákniny ve formě rostlinných lignanů je spojen s vysokou hladinou enterolaktonu v krevním séru. Proto mohou lignany posloužit jako biomarker vysokého obsahu vlákniny v potravinách, např. v celozrnných obilovinách.

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.

Lněná vláknina nachází uplatnění v pekárenství, kde se používá jako jedna z recepturních složek při výrobě chleba, běžného, jemného i trvanlivého pečiva a dokonce i těstovin. Přídavek lněné vlákniny do sušenek má vliv na jejich křupavost a zvýšení jejich výživové hodnoty. Přídavek lněné vlákniny zlepšuje zpracovatelnost těsta (také díky fosfolipidům, hlavně lecitinu), strukturu a porozitu střídy, objem a chuť pečiva. Z technologického hlediska umožňuje přídavek lněné vlákniny snížit dávku tuků a emulgátorů v receptuře pečiva. Díky vláknině s vysokou vazností vody se zpomaluje stárnutí a prodlužuje se trvanlivost chleba a běžného pečiva s lněnou vlákninou (Honců *et al.*, 2013).

Luštěninové mouky

Mezi nejvýznamnější luštěniny patří **sója luštinatá, hrách, cizrna a lupina**. Ve výživě jsou bohatým zdrojem **nejen vlákniny, ale i bílkovin**. Luštěninové mouky jsou loupaná semena luštěniny semletá na homogenní prášek, popřípadě tříděná podle velikosti částic. U sójové mouky se navíc provádí od-

hořčení. V potravinářství se také využívá vlákninový luštěninový koncentrát, což je prášek získaný mletím a proséváním luštěnin a vnějších slupek luštěnin (Dostálová a Kadlec, 2014).

Houby

Houby patří mezi potraviny s nízkým obsahem energie a lipidů a s vysokým obsahem bílkovin, vlákniny, vitaminů a minerálních látek. Vysušené houby obsahují v průměru 22 % bílkovin, které zahrnují většinu esenciálních aminokyselin, 5 % lipidů, převážně ve formě kyseliny linolové, 63 % sacharidů včetně vlákniny a 10 % minerálních látek. Bylo prokázáno, že polyfenoly hub jsou vynikajícími antioxidanty.

Obsah sacharidů, které jsou přítomny především jako polysacharidy nebo glykoproteiny, se pohybuje v rozmezí **od 50 do 90 %**. Nejhojnějšími polysacharidy jsou **chitin, hemicelulosa, α - a β -glukany** (Nile a Park, 2014). Zmíněné β -glukany hub mají odlišnou strukturu a vlastnosti než obilné β -glukany. Beta-glukany hub obsahují ve své molekule glukosové jednotky spojené vazbou β -(1 \rightarrow 3) a β -(1 \rightarrow 6) a vykazují imunomodulační účinky.

Nile a Park (2014) ve své studii analyzovali 20 druhů volně rostoucích jedlých hub s ohledem na obsahy celkové vlákniny (TDF), nerozpustné vlákniny (IDF) a rozpustné vlákniny (SDF). Průměrný obsah vlákniny (v sušině houby) se u daných hub pohyboval v rozmezí: **24 - 37 % (TDF)**, 12 - 21 % (IDF) a 2 - 4 % (SDF). Houby jako jsou *Sparassis crispa* (kotrč kadeřavý), *Cantharellus clavatus* (stročkovec kyjovitý) a *Lentinula edodes* (houževnatec jedlý) patří mezi významné zdroje celkové a rozpustné vlákniny ve výživě člověka. V Japonsku a Koreji jsou vedle hub zdrojem vlákniny také **mořské řasy**.

Posouzení vlivu vlákniny na stárnutí pečiva

Na Ústavu sacharidů a cereálií VŠCHT v Praze byl sledován **vliv přídavku různých druhů vlákniny na vlastnosti a kvalitu pekařských výrobků**. K analýzám byly použity mlýnské produkty s **vysokým obsahem vlákniny**. Část produktů byla dodána společností Mlýn Perner Svijany, spol. s r.o. (Svijany). Jednalo se o **jemně mleté pšeničné otruby** (velikost částic 200 µm) a **různé celozrnné mouky**. Celozrnná ječná mouka a celozrnná pšeničná mouka byly získány novým způsobem mletí (jednalo se o inovativní způsob mletí k získání **mikronizovaných celozrnných mouk**).

Pro porovnání vlastností mouk byla použita klasická celozrnná pšeničná mouka. Vzorek jablečné vlákniny byl zakoupen v obchodní síti. BIO Iněná vláknina hnědá a zlatá byla dodána panem Ing. Ludkem Šarmanem. Soubor inulinů s různým DP byl poskytnut paní Ing. Jitkou Pinkrovou, Ph.D., VUPP. Vzorky bramborové vlákniny s různou granulací (hrubé *Potato Fibre* s velikostí částic < 1 mm a jemné *Potex Crown* s velikostí částic do 1 mm) byly dodány společností LYCKEBY CULINAR, a.s., Horažďovice.

Experimentální část byla zaměřena na základní analytické rozbory vzorků celozrnných mouk, otrub a vláknin, jako jsou stanovení obsahu vlhkosti, obsahu popela (minerálních látek), obsahu dusíkatých látek dle Kjeldahla (přepočítávací faktor 5,7), retenční kapacity a stanovení obsahu celkové vlákniny a jednotlivých složek vlákniny enzymaticko-gravimetrickou metodou (AOAC Method 985.29). V další fázi byl testován **5% přídavek vybraných vzorků mouk a vlákniny do základní receptury světlého pšeničného formového chleba** a byla provedena pokusná pečení. Receptura kontrolního chleba obsahovala pšeničnou mouku hladkou světlou T530, pekařské droždí, řepkový olej, sůl a vodu (podle vaznosti).

Na pečení chleba byla použita domácí pekárna značky Eta. Účinek přídavku různých typů vlákniny na kvalitu a stárnutí chleba byl sensoricky a penetrometricky sledován. Cílem těchto pokusů bylo porovnání účinků přídavku různých typů vlákniny **na kvalitu a stárnutí pekařského výrobku**.

Nejvyšší obsah celkové vlákniny (**60,7 % v sušině**) byl stanoven v jemně mletých **pšeničných otrubách**. Klasická pšeničná celozrnná mouka měla 20,5 % celkové vlákniny, mikronizované celozrnné pšeničná a ječná mouka měly podobné obsahy celkové vlákniny (14,5 % v sušině).

Chléb s přídavkem **mikronizované celozrnné mouky pšeničné** se vzhledově příliš nelišil od kontrolního chleba (chléb připravený z pšeničné světlé mouky T530). Pouze barva upečeného chleba byla mírně zlatavější. Střída byla velmi měkká a vláčná.

Přídavek **klasické celozrnné pšeničné mouky** téměř neovlivnil vzhled chleba v porovnání s kontrolním chlebem. Střída byla nepatrně tužší, ale přesto vláčná.

Přídavek jablečné vlákniny ovlivnil především barvu a vůni upečeného chleba. První den byla vůně pro většinu hodnotitelů příjemná, zatímco třetí a pátý den byla vůně velmi intenzivní a připomínala vůni hniječích (zkažených) jablek.

5% přídavek hnědého lnu neměl tak příznivý vliv na hodnocené parametry chleba mimo texturu střídy. Vláčnost střídy tohoto chleba se hodnotitelům zdála po přídavku hnědého lnu větší v porovnání s přídavkem zlatého lnu. Přídavek hnědého lnu ovlivnil barvu střídy a především vůni. Dvěma hodnotitelům, nezávisle na sobě, se zdálo, že vůně chleba připomíná rybí pach, a vůni i chuť chleba ohodnotili jako nepřijatelnou. Zbylí hodnotitelé (tři osoby) tento pocit nezachytili a chléb u nich měl kladné ohlasy. Rybí pach může vznikat v důsledku oxidační nestability lněného oleje, kdy v odtučněném produktu reziduální olej zůstává a může žluknout. **Vyšší vaznost**

vody lněné vlákniny způsobila hutnější střídu, menší objem chleba asi o jednu třetinu v porovnání s kontrolním chlebem.

Přídavek zlatého lnu ovlivnil barvu i vůni chleba. Barva upečeného chleba byla zlatavá, medová. Střída byla tužší a pátý den po odkrojení kůrky se při krajích tvořily výrazné propadliny. Vyšší vaznost vody (v důsledku vyššího obsahu bobtnavé vlákniny) způsobila menší objem výrobku asi o jednu třetinu v porovnání s kontrolním chlebem.

Po přidání **jemné bramborové vlákniny** (5 % na mouku) byla barva upečeného chleba světlejší a střída byla oproti kontrolnímu chlebu tužší. Vysoká vaznost bramborové vlákniny způsobila malý objem upečeného chleba, v porovnání s kontrolním

chlebem byl chléb s bramborovou vlákninou téměř o polovinu menší. Třetí a pátý den byla chuť chleba mírně nakyslá.

Obdobně po přidání **hrubé bramborové vlákniny** došlo k výraznému snížení objemu upečeného chleba. V porovnání s kontrolním chlebem byl chléb s bramborovou vlákninou téměř o polovinu menší. Střída byla velmi hutná a tužší. Třetí den byla střída mírně lepivá, tužší, ale ještě pružná (při promáčknutí se střída částečně vracela). Pátý den byla střída velmi popraskaná a bylo obtížné provést penetrometrické stanovení tuhosti střídy. Také kůrka byla třetí a pátý den tak tvrdá, že ji nebylo možné promáchnout.



Penetrometrické hodnocení chlebů (hodnocení tuhosti střídy v čase) bylo prováděno po upečení, první, třetí a pátý den stárnutí. Pro měření byl vždy použit nový, celý bochník chleba, aby vše probíhalo za standardních podmínek. **Nejtužší byly chleby s přísadkou bramborové vlákniny**, což bylo potvrzeno také senzoricou analýzou. Naopak **nejměkčí byl chléb s přísadkou mikronizované celozrnné mouky pšeničné**, což bylo zřejmě způsobeno novým způsobem mletí celého zrna (jemná granulace mouky) a zajištěním přítomnosti složek vlákniny (zejména arabinoxylanů a beta-glukanů). Měkkou a pružnou střídu měly chleby s přísadkou celozrnné pšeničné klasické a mikronizované celozrnné ječné mouky. Proces stárnutí u těchto chlebů byl pomalejší než u kontrolního chleba. První dny hodnocení vykazoval chléb s přísadkou jablečné vlákniny velmi měkkou střídu, avšak během stárnutí došlo k navýšení tuhosti, což bylo potvrzeno i senzoricou analýzou.

Závěr

Jako nejvýznamnější zdroje vlákniny byly z předkládaných pokusů označeny **jemně mleté pšeničné otruby (obsah celkové vlákniny 60,7 % v sušině) a jablečná vláknina (obsah celkové vlákniny 61,5 % v sušině)**.

Z výsledků senzoricke analýzy vyplynulo, že **nejlépe hodnocené** byly chleby **s přísadkou celozrnné pšeničné mouky** (jak mouky získané klasickým způsobem mletí, tak mikronizované). Tyto chleby byly srovnatelné s kontrolním chlebem bez přísadky vlákniny nebo celozrnných mouk. Přísadky celozrnné pšeničné mouky pozitivně ovlivnily chuť i vůni střídy upečeného chleba. Přísadka celozrnné ječné mouky dodal chlebu mdlou, neúplnou až nevýraznou pečivovou chuť.

Přísadky **jablečné vlákniny a hnědého lnu** způsobily protichůdné názory v hodnocení. Více než polovině konzumentů chleby s jablečnou vlákninou a hnědým lnem zachutnaly, pro zbývající byly tyto chleby naprosto nepřijatelné. Chléb s přísadkou zlatého lnu vykazoval pozitivní pocity a vlastnosti. Přísadky celozrnné pšeničné a ječné mouky a jablečné vlákniny měly vliv na zpomalení stárnutí střídy chleba, což bylo potvrzeno větší hloubkou průniku penetrometrického tělíska během stárnutí chleba.

Z technologického hlediska byly nejméně přijatelné přísadky **bramborové vlákniny** (jak hrubé, tak jemné), které způsobily velmi malý objem upečeného chleba a nepatrně tužší střídu již po upečení. Tuhost střídy získaná senzoricou byla v souladu s výsledky penetrometrie. Pro využití bramborové vlákniny by bylo potřeba použít jinou recepturu s vyšším přísadkou vody, nebo snížit přísadkou vlákniny.



Použitá literatura ke kapitole **Vliv přídavku různých typů vlákniny na kvalitu pekařských výrobků:**

- Chang R.C., Li C.Y., Shiau S.Y. Physico-chemical and Sensory Properties of Bread Enriched with Lemon Pomace Fiber. *Czech J. Food Sci.*, 2015, 33(2): 180-185.
- Chen H., Rubenthaler G.L., Leung H.K., *et al.* Chemical, Physical, and Baking Properties of Apple Fiber Compared with Wheat and Oat Bran. *Cereal Chem*, 1988, 65(3): 244-247.
- Chongtham N., Bisht M.S., Haorongbam S. Nutritional Properties of Bamboo Shoots: Potential and Prospects for Utilization as a Health Food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2011, 10(3): 153-169.
- Curti E., Carini E., Diantom A., *et al.* The use of potato fibre to improve bread physico-chemical properties during storage. *Food Chem.*, 2016, 195: 64-70.
- Dostálová J., Kadlec P. *Zbožiznalství*, 2014. KEY Publishing, Ostrava. 99-100 pp.
- Duss R., Nyberg L. Oat soluble fibers (beta-glucans) as a source for healthy snack and breakfast foods. *Cereal Foods World*, 2004, 49(6): 320-325.
- Elleuch M., Bedigian D., Roiseux O., Besbes S., Blecker C., Attia H. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological, functionality and commercial applications: A review. *Food Chem.*, 2011, 124: 411-421.
- Green C.J. Fibre in enteral nutrition. *Clin. Nutr.*, 2001, 20(1): 23-39.
- Honců I., Sluková M., Krejčířová L. Len setý-jeho význam z hlediska výživy a zdraví. *Výživa a potravin*, 2013, 68(6): 142-144.
- Eskicioglu V., Kamiloglu S., Nilufer-Erdil D. Antioxidant Dietary Fibres: Potential Functional Food Ingredients from Plant Processing By-Products. *Czech J. Food Sci.*, 2015, 33(6): 487-499.
- Kamp J.W., Asp N.G., Jones J.M., *et al.* *Dietary Fibre: Bio-active Carbohydrates for Food and Feed*, 2004, 1st ed. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands.
- Levková J. Vliv surovin na kvalitu bezlepkových pekařských výrobků a jejich výživové a zdravotní posouzení. Diplomová práce, 2016, VŠCHT v Praze.
- McKee L.H., Latner T.A. Underutilized sources of dietary fiber: A review. *Plant Foods Hum. Nutr.* (Dordrecht, Neth.), 2000, 55(4): 285-304.
- Michel F., Thibault J.F., Barry J.L., *et al.* Preparation and characterization of dietary fibre from sugar beet pulp. *J. Sci. Food Agric.*, 1988, 42(1): 77-85.
- Nařízení komise (EU) č. 432/2012.
- Nařízení komise (EU) č. 1169/2011.
- Nile S.H., Park S.W. Total, soluble, and insoluble dietary fibre contents of wild growing edible mushrooms. *Czech J. Food Sci.*, 2014, 32: 302-307.
- Oomah B.D., Mazza G. Flaxseed products for disease prevention. In *Functional foods: Biochemical & Processing aspects*, 1998, G. Mazza (ed.), Technomic Publishing Company, Inc. Lancaster, UK. 91-126 pp.
- Ramaswamy U.R., Kabel M.A., Schols H.A., *et al.* Structural features and water holding capacities of pressed potato fibre polysaccharides. *Carbohydr. Polym.*, 2013, 93: 589-596.
- Raymundo, A.; Fradinho, P.; Nunes, M. C. Effect of Psyllium fibre content on the textural and rheological

characteristics of biscuit and biscuit dough. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 2014, 3(2): 96-105.

Roberfroid M.B. Introducing inulin-type fructans. *Br. J. Nutr.*, 2005, 93(1): S13-S25.

Salovaara H., Sontag-Strohm T., Antilla H. Physical state of soluble oat fibre and health claims. In *Dietary fibre-components and functions*, 2007, H. Salovaara, F. Gates, M. Tenkanen (ed.), Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, 91-112 pp.

Shoaib M., Shehzad A., Omar M., Rakha A., *et al.* Inulin: Properties, health benefits and food applications. *Carbohydrate Polym.*, 2016, 147: 444-454.

Shrivastava S., Goyal G.K. Therapeutic benefits of pro-and prebiotics: A review. *Indian Food Industry*, 2007, 26(2): 41-49.

Sourki A.H., Koocheki A., Elahi M. Ultrasound-assisted extraction of beta-D-glucan from hull-less barley: Assessment of physicochemical and functional properties. *Int. J. Biol. Macromol.*, 2017, 95: 462-475.

Southgate D.A. Determination of carbohydrates in foods. 2. Unavailable carbohydrates. *J. Sci. Food Agric.*, 1969, 20(6):331-335.

Sudha M.L., Baskaran V., Leelavathi K. Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. *Food Chem.*, 2007, 104(2): 686-692.

Svačina Š., *et al.* *Klinická dietologie*, 2008, Grada Publishing a.s., Praha.

Velíšek J. *Chemie potravin díl 1*, 1999, OSSIS, Tábor.

Willats W.G.T., McCartney L., Mackie W., *et al.* Pectin: cell biology and prospects for functional analysis. *Plant Molecular Biology*, 2001, 47(1-2): 9-27.

<http://foodingredients.com>



Vliv přídavku celozrnné ovesné mouky na stárnutí pekařských výrobků

(Alžběta Mandová, Pavel Skřivan)

Stárnutí pečiva je komplexní proces, který probíhá po upečení a během skladování chleba a pečiva (Xie *et al.*, 2004). Jedná se o pokles spotřebitelské přijatelnosti způsobený změnami ve střídě, přičemž se nejedná o změny mikrobiálního původu (Bechtel *et al.*, 1953). Při stárnutí dochází k postupnému zhoršování texturních a organoleptických vlastností pečiva, což se projevuje **na mechanických a pocitových vlastnostech střídy pečiva**. Střída stárnoucího pečiva se stává tužší, kůrka se mění v měkkou až gumovitou. Zároveň se postupně vytrácí příjemná, pečivová vůně a chuť, pečivo je suché, drsné a ztrácí na vláčnosti.

Termín stárnutí se tedy vztahuje zejména **ke změnám ve střídě pečiva**, ale souvisí i se změnou (distribucí) vlhkosti ve výrobku (Gray a Bemiller, 2003). Přestože je proces stárnutí zkoumán více než půl století, nebyl doposud zcela přesně vysvětlen a zůstává zodpovědný za významné ekonomické ztráty jak v oblasti pekárenské, tak v oblasti spotřebitelské.

Mezi faktory, které mají zásadní vliv na stárnutí, patří **recepturní složení pečiva**, dále **technologické podmínky** (způsob hnětení a kynutí těsta, průběh pečicí křivky, provozní, popř. skladovací teplota, vlhkost upečeného výrobku a prostředí), u balených výrobků i podmínky a technika balení. Neméně důležité jsou také expediční a distribuční podmínky, u kterých je potřeba zdůraznit, že správným zacházením s výrobkem lze zachovat kvalitu výrobku a zpomalit jeho stárnutí.

Během stárnutí dochází ke ztrátě vonných, těkavých látek. Některé těkavé látky jsou nahrazeny jejich degradačními produkty, které jsou odpovědné

za vůni stárnoucího pečiva. Těkavé látky se z pečiva samovolně neodpařují, ale mohou být uzavřeny do komplexních struktur např. s amylosou, anebo mohou být částečně uvolněny při opětovném rozpékání pečiva.

Vliv složek na stárnutí pečiva

K porozumění mechanismu stárnutí pekařského výrobku je nezbytné **znát vlastnosti a vztahy jednotlivých složek pečiva**. Stárnutí pečiva nejvíce ovlivňují složky pšeničné mouky, které tvoří hlavní část pekařského výrobku. Jedná se o škrob a lepkotvorné bílkoviny.

Čerstvý pekařský výrobek můžeme popsat jako nestabilní, elastický systém, podobný **tuhé pění** (Gray a Bemiller, 2003), která se skládá z kontinuální a diskontinuální složky. Kontinuální část pěny tvoří síť pružného lepku spolu s rozpuštěnými molekulami škrobu, především amylosy, která může vytvářet komplexy s lipidy. Diskontinuální fází se rozumí zmazovatělá, nabobtnalá nebo zdeformovaná škrobová zrna a dále bubliny plynu.

Škrob

Stárnutí pečiva je z největší části zapříčiněno **retrogradací škrobu**, ještě přesněji retrogradací (rekrytalizací) jedné z frakcí škrobu, amylopektinu.

Zmazovatělý škrob není v termodynamické rovnováze a po určité době stání škrobových gelů dochází ke změnám jejich struktury a reologických vlastností (Velíšek, 1999). Důvodem je tvorba intermolekulárních vodíkových vazeb mezi jednotlivými molekulami škrobu, přednostně u lineárních řetězců

amylosy, podstatně pomaleji také u amylopektinu, která postupně vede ke vzniku dvoufázového systému pevná látka – kapalina. Tento děj se nazývá **retrogradace**. Rychlost a rozsah retrogradace závisí na řadě faktorů, například na původu škrobu, teplotě, obsahu vody a dalších složek.

Během pečení však **zmazovají pouze část škrobu** z důvodu nedostatku vody v těstě, a proto je možné v upečeném výrobku pozorovat i neporušená škrobová zrna (Příhoda *et al.*, 2003). Nativní škrobová zrna vykazují částečnou krystalickou (semikrystalickou) strukturu. Působením tepla při pečení dochází k intenzivnějšímu pohybu molekul škrobu, a při dostatečné dostupnosti vody je původní semikrystalická struktura škrobu rozrušena. Při pečení tak vzniká částečně **amorfní, nekry-
stalická struktura škrobového mazu**.

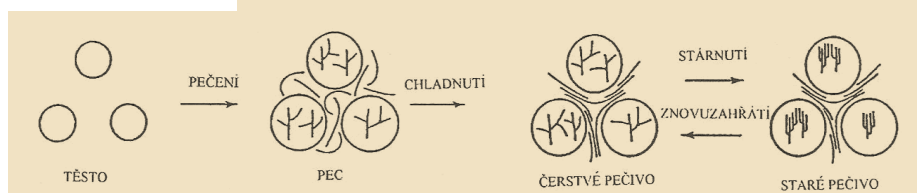
Při chladnutí výrobku ustává pohyb molekul škrobu, což umožňuje vytváření intermolekulárních vodíkových vazeb. Tento děj pokračuje dále i po vychladnutí pečiva až do ustanovení rovnováhy. Díky tomu jsou ze struktury škrobového gelu vytlačovány molekuly vody a gel postupně ztrácí pružnost. Po upečení a při skladování **migruje voda** ze střídy k povrchu ve směru teplotního gradientu, což se projevuje vedle tuhnutí střídy také vlhnutím kůrky (zejména pokud je výrobek zabalen) a v další fázi procesu celý výrobek postupně vysychá.

Během pečení pronikají lineární řetězce amylosy do vnějšího prostoru škrobových zrn, zatímco rozvětvené řetězce amylopektinu zůstávají uvnitř těchto zrn. Po upečení a během chlazení pečiva se řetězce amylosy velice rychle vzájemně propojují, dochází k jejich reorganizaci a **amylosa je retrogradovaná již 24 h po upečení** (viz obr. 2).

Naopak retrogradace amylopektinu je velice pomalý proces, který zahrnuje krystalizaci pouze krátkých

řetězců amylopektinu a probíhá v období několika dnů až týdnů (Eerlingen *et al.*, 1994). Vzhledem k tomu, že je retrogradace amylopektinu mnohem pomalejší než retrogradace amylosy, jsou brány **změny amylopektinu jako míra rychlosti stárnutí pečiva**. Vzájemné propojení amylosy s amylopektinem má tak zásadní vliv na mechanické vlastnosti pečiva (zejména na tuhost střídy).

Obr. 2: Představa rozrušení uspořádané struktury amylopektinu a amylosy při pečení a jejich zpětné uspořádání při chladnutí a stárnutí pečiva (Příhoda *et al.*, 2003)



Bílkoviny

Lepkotvorné bílkoviny jsou další důležitou součástí pšeničné mouky a mají také vliv na stárnutí pečiva (Gray a Bemiller, 2003). Během pečení dochází **k denuraci lepku**, mezi řetězci bílkovin zůstávají příčné disulfidové vazby, lepková síť se mísí s částečně zmazovatělymi škrobovými zrny a vzniklá směs je zodpovědná za **polotuhou strukturu upečeného výrobku**. Výše zmíněnou interakcí dochází k zadržování vlhkosti ve střídě pekařského výrobku. Obecně tedy lepkotvorné bílkoviny snižují rychlost tvrdnutí resp. tuhnutí pečiva. Při stárnutí se v prvních dnech reorganizují škrobové molekuly a v dalších dnech je tuhost střídy způsobena ztrátou vlhkosti z lepku.

Lipidy

Lipidy (tuky a oleje, včetně doprovodných složek lipidů), které jsou součástí mouky i receptury pečiva, mají vliv zejména **na objem výrobku a na strukturu střídy**, která je díky jejich přítomnosti jemnější a póry

střídy mají rovnoměrnější uspořádání. Vliv lipidů na stárnutí pečiva není příliš detailně prozkoumán. Lipidy také mohou vytvářet komplexy s amylosou (**inkluze**), a tím zpomalovat tvorbu krystalických fází.

Přídavné látky

Do těsta mohou být přidávány další látky, jako např. **enzymy, hydrokoloidy nebo emulgátory**, které mohou ovlivňovat rozložení vody ve struktuře těsta, a tím zpomalovat proces stárnutí pečiva (Sluková *et al.*, 2013).

Haros *et al.* (2002) sledovali a porovnávali vliv enzymů cellulasy, xylanasy a β -glukanasy na objem a texturu pšeničného pečiva během jeho stárnutí. Zjistili, že střída pečiva zůstala po přidavku **enzymu xylanasy** dlouho vláčná a rychlost tvrdnutí střídy byla pomalejší než s přidavky ostatních enzymů nebo bez přidavku enzymů. Podobný efekt na zpomalení stárnutí vykazoval přidavek **směsi enzymů β -amylasy a lipasy** (Giannone *et al.*, 2016).

Hydrokoloidy jsou vysokomolekulární hydrofilní biopolymery. Svoji strukturou jsou řazeny mezi polysacharidy, bílkoviny nebo syntetické polymery. Jejich charakteristickou vlastností je schopnost pevně a stabilně vázat takový objem vody, který může několikrát přesahovat jejich vlastní hmotnost.

Jako hydrokoloidy mohou sloužit jednak přirozené složky mouky jako jsou škrob, lepkotvorné bílkoviny a rozpustná vláknina, a jednak přídavné látky jako například pektiny, rostlinné a mikrobiální gumy (guar, xanthan), karagenany, karob (galaktomannany svatojánského chleba), modifikované škroby a celulosy (HMPC, CMC apod.). Vláknina a uvedené přídavné látky se výrazně uplatňují při výrobě tzv. bezlepkových směsí, kde by měly alespoň částečně nahradit funkční vlastnosti lepku.

Arabinoxylany a arabinogalaktany žitné mouky tvoří při hnětení těsta komplexní struktury s bílkovi-

nami a tyto komplexy jsou schopny zadržovat velké množství vody a udržet tak střídu pečiva vláčnou a měkkou po delší dobu. Arabinoxylany přímo neovlivňují proces retrogradace škrobu, ale zpomalují tvrdnutí (vysychání) střídy.

Vliv teploty a obsahu vody na průběh stárnutí pečiva

Rychlost a rozsah retrogradace škrobu závisí na teplotě a obsahu vody v potravině. **Nejrychleji probíhá retrogradace kolem 4 °C** a proces stárnutí pečiva se tak urychluje (Colwell *et al.*, 1969). Pokud je pečivo zamrazeno, proces tuhnutí se zastavuje díky zpomalení pohybu molekul, zejména pak zpomalení migrace molekul vody (Malkki *et al.*, 1978). Při teplotě nad 21 °C je retrogradace škrobu pomalejší (Colwell *et al.*, 1969), s teplotou nad 30 °C rychlost stárnutí klesá a tuhnutí střídy se výrazně zpomaluje. Uchovávat pečivo při těchto teplotách a zároveň vyšší vlhkosti (aby nedocházelo k rychlejšímu vysychání) je však nereálné, neboť by rychleji podléhalo mikrobiální zkáze.

Vyrovňování obsahu vody mezi střídou a kůrkou vede **k vysychání až tvrdnutí pečiva**, zatímco přerozdělení vlhkosti mezi jednotlivými složkami pečiva vede **k drobnosti střídy pečiva** (Kulp a Ponte, 1981). Voda ovlivňuje pohyblivost řetězců všech složek pečiva. Pokud je voda z pečiva v menší míře odstraněna, buď z lepku, nebo ze škrobu, popřípadě z obou polymerů, **tvrdne střída pečiva výrazně rychleji**.

Důležitým faktorem, než je samotný obsah vody v potravině, je její dostupnost (Velíšek, 1999). Dostupnost vody souvisí s interakcemi vody se složkami potravin a její mírou je tzv. **aktivita vody**. Během stárnutí pečiva dochází k poklesu hodnoty aktivity vody. Bylo však pozorováno, že během prvních 10 h po upečení byla aktivita vody střídy stárnoucího pečiva vyšší než čerstvě upečeného výrobku. Tento krátkodobý, opačný efekt je možné vysvětlit tak, že

část vody ve střídě není v termodynamické rovnováze, a teprve až po určité době dojde k vyrovnání chemických potenciálů mezi střídou a prostředím.

Stárnoucí pečivo je charakterizováno změnami v chuti a vůni (aroma) pečiva a zvýšením tuhosti střídy. Všechny tyto změny, kterých si zákazník povšimne, není tedy možné popsat nebo změřit jedinou metodou. Důležitou součástí výzkumu stárnutí pečiva je použití instrumentálních metod (Karim *et al.*, 2000) a senzorické analýzy.

Většina instrumentálních metod určených ke sledování procesu stárnutí je založena na **měření rozsohu retrogradace škrobu** pomocí termické analýzy (konkrétně diferenciální skenovací kalorimetrie) a rentgenové difrakce, zatímco změny v tuhosti střídy jsou obvykle sledovány kompresními měřeními na penetrometru nebo texturometru.

Vyhodnocení vlivu použité celozrnné ovesné mouky na rychlost stárnutí chleba

Na Ústavu sacharidů a cereálií VŠCHT v Praze jsme se věnovali porovnání kvality a stárnutí chleba s různými přídávky **mikronizované celozrnné ovesné mouky**. Jednalo se o světlý pšeničný formový chléb (kontrolní) a světlý pšeničný formový chléb s vhodným přídávkem celozrnné ovesné mouky. Testovány byly přídávky **10, 15, 20 a 30 % ovesné mouky** (vztaženo na množství základní pšeničné mouky T530).

Ovesná mouka v receptuře figurovala jako složka bohatá na vlákninu (**obsah celkové vlákniny byl 22,5% v sušině mouky**) a další složky (např. lipidy), které mohou zpomalovat proces stárnutí chleba. Pro sledování průběhu stárnutí pečiva a vyhodnocování vlivů složek mouk na rychlost stárnutí byla použita penetrometrie a skenovací elektronová mikroskopie (SEM).

Pokud těsto obsahovalo pouze pšeničnou mouku, byl obsah vody řízen podle **farinografické vaz-**

nosti mouky (60,2 %). Do těsta ze směsi pšeničné a ovesné mouky byl přídavek vody upraven tak, aby bylo vyhněto těsto standardní konzistence.

Na základě získaných výsledků byl jako optimální přídavek celozrnné ovesné mouky zvolen 15% přídavek. **Střída chleba s 15% přídávkem ovesné mouky** a střída chleba kontrolního (bez přídávku ovesné mouky), byla proměřena **na penetrometru** v den upečení (čerstvý chléb), resp. dvě hodiny po upečení, a poté první a třetí den po upečení. Dále byla u chlebů v den upečení, první den a třetí den po upečení provedena **senzorická analýza** (počet hodnotitelů 10).

Z penetrometrických měření vyplynulo, že **již první den po upečení** byla střída kontrolního chleba zhruba **o polovinu tužší** (byly naměřeny o polovinu nižší hodnoty průniku v mm) než střída čerstvého kontrolního chleba v den upečení. Střída chleba s 15% přídávkem ovesné mouky nevykazovala výrazné změny v tuhosti mezi čerstvým a jeden den starým chlebem. Chleby byly vloženy do čisté bavlněné utěrky a skladovány při pokojové teplotě a rovnovážné relativní vlhkosti vzduchu cca 65 %.

Třetí den po upečení byly u kontrolního chleba naměřeny stejné hodnoty tuhosti střídy, které vykazoval chléb s 15% přídávkem ovesné mouky již v den upečení. U chleba s 15% přídávkem ovesné mouky byl zaznamenán třetí den po upečení pouze **minimální pokles tuhosti střídy** (v porovnání s tuhostí střídy čerstvého chleba). Pokles tuhosti byl cca 0,1 mm.

Čtvrtý den po upečení nemohl být chléb s ovesnou moukou proměřen z důvodu mikrobiální kontaminace na povrchu chleba.

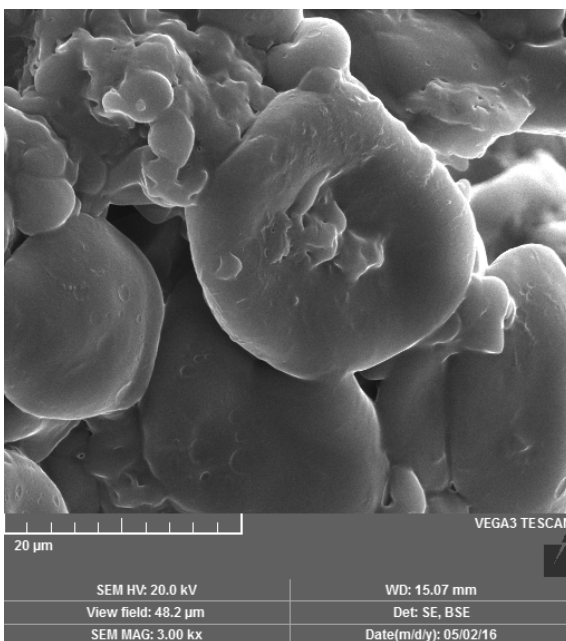
Chléb s ovesnou moukou vykazoval **pomalejší průběh stárnutí** než kontrolní chléb.

K pozorování mikrostruktury střídy upečených a stárnoucích chlebů se zaměřením na změny škrobových zrn byla využita skenovací elektronová mikroskopie (SEM). U střídy čerstvého chleba (obr.

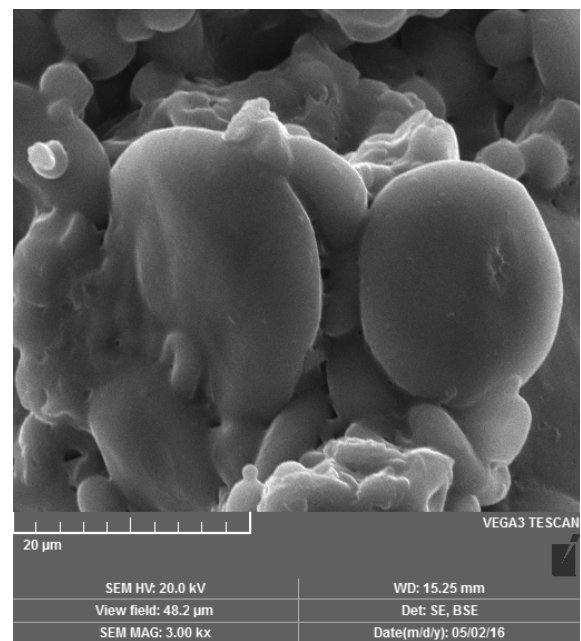
3 a 4) byla pozorována nabobtnalé, na povrchu částečně zmazovatělá škrobová zrna a části denaturované bílkovinné matrice.

První den po upečení byla již patrná deformace škrobových zrn (obr. 5 a 6). Velká škrobová zrna byla **mírně svrašťelá**, změny v mikrostruktuře však byly minimální v porovnání se střídou kontrolního chleba.

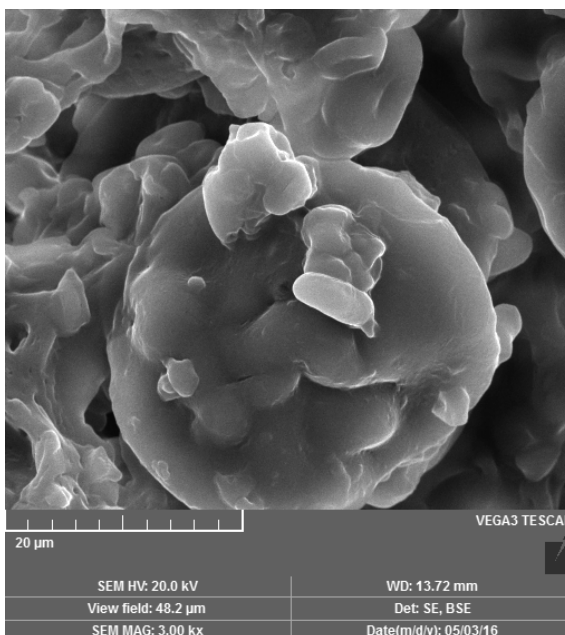
Třetí a následně i čtvrtý den po upečení byla škrobová zrna v obou typech chlebů ve stádiu **pokročilé retrogradace** (obr. 7 a 8). U chleba s 15% přídavkem ovesné mouky byl znatelný **nižší rozsah retrogradace škrobu** než u kontrolního chleba a tím i pomalejší rychlost stárnutí. Velká škrobová zrna v chlebu s přídavkem ovesné mouky byly méně svrašťelá.



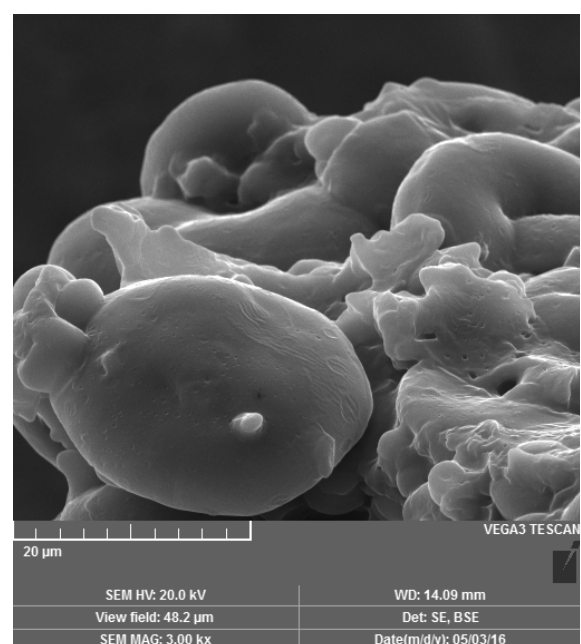
Obr. 3: Kontrolní chléb (čerstvý, po upečení)



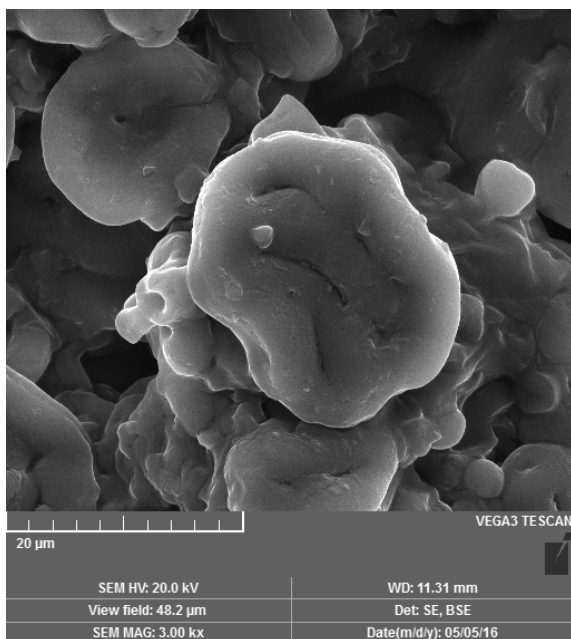
Obr. 4: Chléb s 15% přídavkem ovesné mouky (čerstvý, po upečení)



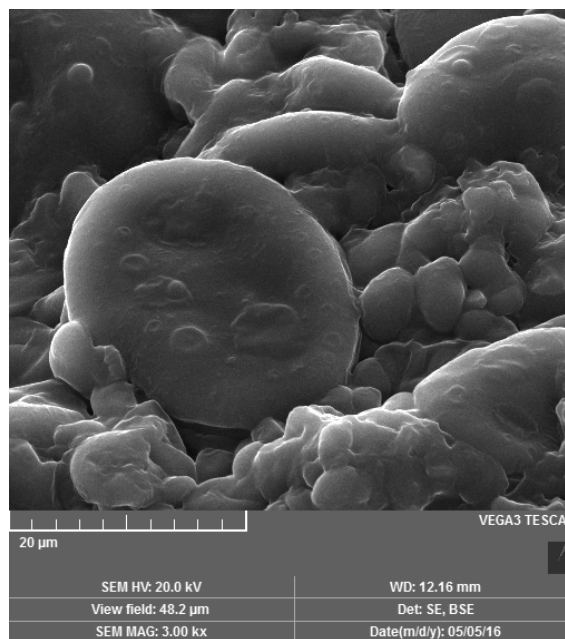
Obr. 5: Kontrolní chléb (první den po upečení)



Obr. 6: Chléb s 15% přídavkem ovesné mouky (první den po upečení)



Obr. 7: Kontrolní chléb (třetí den po upečení)



Obr. 8: Chléb s 15% přídavkem ovesné mouky (třetí den po upečení)

Při sensorické analýze byl u obou typů chlebů hodnocen jejich **vzhled**, pórovitost a konzistence střídy, pocity při kousání a žvýkání, a **vůně a chuť**.

V den upečení byl **kontrolní pšeničný chléb** vláčnější a pružnější. Pórovitost u kontrolního chleba byla rovnoměrná, póry ale byly větší a neměly silné stěny. Kontrolní chléb vykazoval pečivovou chuť a vůni, v ústech se vytvářelo dobře polykatelné a nelepivé, nedrobivé sousto. **Chléb s přídavkem ovesné mouky** byl v den upečení méně vláčný a pružný, textura vlhčí a mírně lepivá. Pórovitost střídy chleba s ovesnou moukou byla rovnoměrná, ale v porovnání s kontrolním chlebem byly póry menší a jejich stěny tlustší. Chléb s přídavkem ovesné mouky neměl tak výraznou pečivovou chuť (měl spíše obilnou) jako chléb kontrolní. Při kousání a žvýkání se v ústech vytvářelo dobře polykatelné a nelepivé sousto s mírnou nahořklou pachutí.

Při hodnocení celkového vzhledu byl **kontrolní chléb po upečení ideálně klenutý**, zatímco chléb s přídavkem ovesné mouky byl nižší a nepatrně propadlý.

První den po upečení si kontrolní chléb stále dokázal udržet jistý stupeň vláčnosti a pružnosti, ale v ústech byl již patrný **suchý** pocit. Sousto tohoto chleba se hůře polykalo a v krku nepříjemně škrábalo. Sousto se nelepilo ani na patro, ani na zuby. Vůně kontrolního chleba byla mírně nakyslá. Chléb s přídavkem ovesné mouky byl **drobivější, ale pružnost a vláčnost zůstala nezměněna**. V chuti byl patrný náznak hořko-kyselé pachuti, a vůně převažovala po použitém droždí. Sousto se nepatrně lepilo na patro, bylo však lépe polykatelné než u chleba kontrolního.

Třetí den po upečení byl **kontrolní chléb drobivější** než chléb s přídavkem ovesné mouky. Kontrolní chléb ztratil svoji pružnost a vláčnost a v jeho chuti byla patrná hořko-kyselé pachutí. Vytvářelo se velmi špatně polykatelné, suché sousto, nepříjemně škrábající v krku, ale nelepící se ani na patro, ani na zuby. Aroma kontrolního chleba bylo v porovnání s chlebem s přídavkem ovesné mouky výraznější a mělo kyselý přípach. Chléb s přídavkem ovesné mouky byl **méně drobivý**, a na pohled působil stále vlhkým až lepivým dojmem. Došlo ke zhoršení polykatelnosti a také k lepivosti sousta (na patro i na

zuby), přesto se dalo lépe polykat než sousto kontrolního chleba. V chuti chleba s přídavkem ovesné mouky byl náznak mizející hořkosti, naopak u kontrolního chleba se mírná hořká pachut' začala v čase postupně rozvíjet.

Závěr

Cílem práce bylo **sledování průběhu stárnutí formového chleba** bez přídavku (kontrolní) a s přídavkem mikronizované celozrnné ovesné mouky. Po technologické a senzorické stránce byl zvolen **15% přídavek celozrnné ovesné mouky** do jednoduché základní receptury (mouka T530, řepkový olej, pekařské droždí, sůl, voda). Ke sledování stárnutí byla použita fyzikální metoda penetrometrie, optické posouzení pomocí elektronové mikroskopie a senzorická analýza.

Po vyhodnocení výsledků bylo patrné, že **chléb s 15% přídavkem ovesné mouky vykazoval pomalejší stárnutí než kontrolní chléb**, což může být dáno přítomností vlákniny, lipidů a jemnou granulací použité mikronizované celozrnné ovesné mouky.

Použitá literatura ke kapitole **Vliv přídavku celozrnné ovesné mouky na stárnutí pekařských výrobků:**

Bechtel W.G., Meisner D.F., Bradyley W.B. The effect of the crust on the staling of bread. *Cereal Chem.*, 1953, 30: 160-168.

Colwell K.H., Axford D.W.E., Chamberlain N., Elton G.A.H. Effect of storage temperature on the ageing of concentrated wheat starch gels. *J. Sci. Food Agric.*, 1969, 20(9): 550-555.

Eerlingen R.C., Jacobs H., Delcour J.A. Effect of retrogradation of waxy maize starch on enzyme susceptibility. *Cereal Chem.*, 1994, 71(4): 351-355.

Giannone V., Lauro M.R., Spina A., *et al.* A novel -amylase-lipase formulation as anti-staling agent in durum wheat bread. *LWT - Food Sci. Technol.*, 2016, 65: 381-389.

Gray J.A., Bemiller, J.N. Bread staling: Molecular basis and control. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2003. 2(1): 1-21.

Haros M., Rosell C.M., Benedito C. Effect of different carbohydrases on fresh bread texture and bread staling. *Eur. Food Res. Technol.*, 2002, 215(5): 425-430.

Malkki Y., Paakkanen J., Eerola K. Effect of freezing and monoglycerides on staling of bread. *J. Food Process. Preserv.*, 1978, 2(2): 101-110.

Karim A.A., Norziah M.H., Seow C.C. Methods for study of starch retrogradation. *Food Chem.*, 2000, 71: 9-12.

Kulp K., Ponte J.G. Staling of white pan bread: fundamental causes. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 1981, 15(1): 1-48.



Příhoda J., Humpolíková P., Novotná D. Základy pekárenské technologie, 2003, Pekař a cukrář Praha.

Sluková M., Kubín M., Příhoda J. Vliv zlepšujících přípravků na stárnutí pekařských výrobků. Ročenka pekaře a cukráře, 2013, 46-52.

Velíšek J. Chemie potravin díl 1, 1999, OSSIS, Tábor.

Xie F., Dowell F.E., Sun X.S. Using visible and near-infrared reflectance spectroscopy and differential scanning calorimetry to study starch, protein, and temperature effects on bread staling. Cereal Chem., 2004, 81(2): 249-254.



Obohacení pšeničné mouky

Iněnou vlákninou v kombinaci s dalšími netradičními produkty

(Marie Hrušková, Ivan Švec)

Pekařské výrobky tvoří významný podíl v obvyklém evropském stravování a některé netradiční plodiny v kombinaci s pšeničnou moukou lze označit za základ pro nový sortiment potravin, označovaný **novel food**. Bez ohledu na některé současné mediální kampaně nelze pominout fakt, že **pšeničná mouka** jako základní recepturní složka pro tradiční cereální výrobky je z hlediska výživy hodnotným zdrojem polysacharidů, bílkovin, některých vitaminů a minerálních látek.

V současné době jsou předmětem výzkumu plodiny, jejichž semena poskytují s vodou viskózní slizovité suspenze, zkráceně slizy (angl. *mucilage*). V něm obsažené heteropolysacharidy jsou přínosné pro funkci zažívacího traktu.

Slizovité látky mohou být spojovány se správnou funkcí trávicího systému, prevencí vysokého tlaku nebo onemocněním cukrovkou. Nejsou však přímé výsledky a důkazy klinických studií. Jedná se spíše o odhady v působení těchto látek. Očekává se jejich prebiotická aktivita, která souvisí s botanickým původem plodiny. Např. **chia semena** jsou vlivem složení obalových vrstev charakteristická viskozitním chováním ve vodě a mají vysokou hydratační kapacitu (až 1 200 %). Po alkalické extrakci bylo v roztoku zjištěno 60 - 65 % polysacharidů, které vytváří i při nízké koncentraci viskózní gel (Prazdnik *et al.*, 2016).

Při hydrolyze slizu byla detekována přítomnost D-xylosy (kolem 20 %), D-glukosy (4-6 %) a D-glukuronové kyseliny (kolem 30 %) (Qian *et al.*, 2012). V případě Iněných semen tvoří sliz komplex poly-

sacharidů s neutrálními (arabinoxylany) a kyselými frakcemi (rhamnogalakturonany) složité terciární struktury. Obsah těchto látek s vlivem na viskozitu roztoku závisí na odrůdě lnu. Byly zjištěny rozdíly tokového chování slizovitých látek získaných z hnědých a žlutých semen lnu.

Len setý (*Linum usitatissimum L.*) patří mezi nejstarší pěstované rostliny. Pochází z jihovýchodní Asie a řadí se do čeledi Inovitě (*Linaceae*). Z hospodářského hlediska se rozděluje na **přadný a olejný**. Len olejný je pěstován pro produkci semen a oleje pro průmyslové a potravinářské užití. V ČR se osetní plochy pohybují kolem 2 tis. ha. Ve Společném katalogu odrůd druhů zemědělských rostlin ÚKZÚZ Brno je registrováno 76 odrůd, které lze dělit **podle obsahu kyseliny linolové a -linolenové** do skupin s nízkým, vysokým a klasickým poměrovým zastoupením obou mastných kyselin. Ze zlatého lnu byly v roce 2014 registrovány odrůdy **Amon a Raciol**, z hnědého **Libra a Lola** (obr. 11).



Obr. 11: Len setý – semeno hnědé a zlaté odrůdy

Lněné semínko se stává oblíbenou součástí zdravé výživy a díky složení je doporučováno do redukčních diet. Nutriční rozdíl druhů lnu hnědé a žluté barvy není průkazný, ale spotřebitelé upřednostňují len zlatý kvůli výraznější oříškově-máslové příchuti. Složení semene je charakteristické **vysokým obsahem oleje (40 %), vlákniny (28 %) a bílkovin (21 %)**. V literatuře se uvádí přítomnost 4 % minerálních látek a 6 % polysacharidů ze skupiny lignanů, hemicelulos a fenolických látek (Fitzpatric, 2008; Bernacchia *et al.*, 2014; Ding *et al.*, 2014).

Ve lněném slizu jsou přítomny heteropolysacharidy tvořené směsí **rhamnogalakturonanů a arbinoxylanů** (Praznik *et al.*, 2016). Za nutričně cennou složku je považován **lněný olej** bohatý na ω -3 nenasycené mastné kyseliny. Má také vysoký obsah ω -linolenové kyseliny (Cunnane *et al.*, 1993). Užití celého lněného semínka v cereálním oboru je limitováno specifickou strukturální charakteristikou. Je vhodné jako posypový produkt pro pečivo s dekorativním účinkem. Pro celozrnné druhy je více používáno semeno zlatého lnu. Při použití do těsta je nutno doplnit výrobní technologii o záparu, kdy se v technologickém předstupni vlivem času a teploty přilévání vody zajistí změknutí semínek.

Lněná vláknina je komerční potravinářský výrobek získaný po lisování nebo extrakci oleje a prosévání v sypké formě. Mezi světové výrobce patří firma Walramcom Nový Zéland, která uvádí průměrné živinové hodnoty srovnatelné pro výrobky ze semene hnědé a zlaté lnu (sacharidy 12 - 16 g, bílkoviny 32 g, lipidy 16,6 g, z toho nenasycené mastné kyseliny 13 g, hodnoty stanoveny ve 100 g produktu). Podle technologie výroby tvoří největší hmotnostní podíl sacharidů vláknina (celková vláknina 45,2 %, nerozpustná 37,9 % a rozpustná 7,4 %). Z českých odrůd **Amon** (zlatý len) a **Recital** (hnědý len) byl v laboratorním měřtku (projekt BIOLEN OI 151 027) připraven produkt se srovnatelným složením.

Lněná vláknina má vysoký obsah **látek s antioxidačním účinkem**, zejména lignany. Budwig (2011)

zjistila jejich obsah je 75 - 800x vyšší než v zelenině a luštěninách. Doporučuje se konzumace 13 g denně jako přísada do ovesných vloček, müsli, jogurtu, ovocného koktejlu, polévky atd. Může být také použita jako bezlepková mouka na pečivo, palačinky, koláče atd. Lněná vláknina má potencionální uplatnění ve výrobě jemného pečiva např. mufinů (Chetana *et al.*, 2010), bezlepkových výrobků a těstovin (Kishk *et al.*, 2011; Hrušková a Švec, 2017). Lze také konzumovat ve formě vodného gelu, podobně jako chia.

Netradiční produkty s nutričním přínosem

Chia, česky Šalvěj španělská (*Salvia hispanica*, čeleď *Hluchavkovité*), představovala základní potravinu aztécké a mayské civilizace. Semena mají vysoký obsah bílkovin (až 20 %) a tuku (až 35 %), z toho ω -3 a ω -6 mastných kyselin. Pro vlákninu, která tvoří jednu třetinu hmotnosti, je charakteristické 5 % rozpustné formy. Vedle pozitivních přínosů uvedených nutričních složek je nutno respektovat omezení pro diabetiky a další skupiny nemocných, protože snižují účinnost některých léků. Nelze vyloučit ani alergenní účinky při nadměrné konzumaci chia semen. Důsledkem je **legislativní regulace užití chia v rámci EU**. Pro použití semen jako nové složky potravin platí rozhodnutí 2013/50/EU, které povoluje užití do pekařských výrobků, snídaňových cereálií, ovocných, ořechových a semenných směsí do výše max. 10 % (Hrušková, 2017).

Bambusová vláknina se vyrábí z bambusu, což je tráva z čeledi lipnicovité (*Poaceae*). Pro výrobu vlákniny je v Brazílii využíván bambus *Dendrocalamus asper*. Má charakter bílého, ve vodě nerozpustného prášku a obsahuje až 97 % vlákniny (Rosell *et al.*, 2009), čímž má schopnost vázat vysoké množství vody (podle granulace až 350 - 700 % vody).

Kaštanová mouka se vyrábí z kaštanů, což jsou plody stromu *Kaštanovník jedlý* (*Castanea sativa*), pěstovaného zejména ve státech jižní Evropy a přední Asie. Celé plody se pro přímou konzumaci upravují pečením. Mouka se získává z loupaných

plodů a je typická nízkým obsahem tuku (3 - 4 %) i bílkovin (kolem 5 %); hlavní složku mouky tvoří polysacharidy (cca 78 %). Demirkesen (2010) uvádí obsah vlákniny 9,5 %.

Nopálová mouka se připravuje ze zelených zdužnatělých částí kaktusu (kladodia) *Opuntia ficus indica* mletím a proséváním po odpaření cca 90 - 95 % vody. Sušinu mouky z 60 % tvoří **polysacharidy** (až 50 % vlákniny, 7 - 10 % škrobu, 2 - 3 % jednoduchých cukrů), 25 % **minerální látky**, 8 - 9 % **bílkoviny** a 4-5 % **tuky** (Ayadi et al., 2009).

Žaludová mouka se vyrábí z žaludů pocházejících ze stromů rodu *Dub* (*Quercus* sp.). Druhy *Dub cesmínovitý* (*Q. ilex*) a *Dub okrouhlostý* (*Q. rotundifolia*) poskytují plody s nižším obsahem hořkých taninů. V neupravené mouce (Ana, 2016) je vedle polysacharidů (55 %) významný obsah tuku (30 %) a bílkovin (7 %).

Kompozitní směsi se Iněnou vlákninou a netradičními produkty

Kompozitní mouky byly připraveny z komerční pšeničné mouky hladké světlé ve dvou variantách. První soubor tvořily dvousložkové směsi s přidávkou **Iněné vlákniny z hnědého a zlatého Inu** firmy Walramcom (přídavek 2,5 a 5 %) a z českých odrůd Amon a Recital (přídavek 2,5, 5 a 10 %). Pro modifikaci uplatnění Iněné vlákniny byly připraveny vícesložkové směsi s obsahem 5 % obou produktů Walramcom a 5 % chia, nopálové, kaštanové, žaludové mouky a bambusové vlákniny.

Pro hodnocení technologických změn byly stanoveny hodnoty Zeleného testu (vliv na bílkoviny) a čísla poklesu (vliv na škrob). **Přídavek Iněné vlákniny** se bez ohledu na původ a s neprůkazným vlivem přidaného množství projevil **poklesem sedimentační hodnoty o cca 28 %**. Další pokles daný zředěním lepkové struktury byl způsoben přidáním netradičních plodin. Pro 5% přídavek nopálové mouky činilo snížení 38 %.

Na číslo poklesu měla Iněná vláknina opačný vliv. Přídavek 10 % produktu ze zlatého Inu Walramcom zvýšil hodnotu čísla poklesu o 48 %, zatímco Iněná vláknina z hnědého Inu měla negativní vliv (pokles dle přidaného množství 2 - 18 %). Viskozitní charakteristiky více komponentních směsí se vlivem netradičních produktů spíše vyrovnávaly tak, že hodnoty čísla poklesu byly proti pšeničné mouce vyšší pouze o 5 - 20 %. Podrobnou analýzu technologického chování sledovaných kompozitních směsí dávají provedené reologické zkoušky nefermentovaného a fermentovaného těsta, které budou publikovány v odborné literatuře.

Obsah vlákniny v kompozitních směsích.

Obsah vlákniny rozpustné (SDF), nerozpustné (IDF) a celkové (TDF) byl ve sledovaných kompozitních směsích stanoven výpočtem na základě analyticky zjištěných hodnot jednotlivých komponent a recepturního složení. Z tabulky 6 je zřejmý vyšší obsah ve srovnání s pšeničnou moukou (M) a závislost na výši přídavku. Rozdíly mezi vlákninou podle druhu Inu (ZL - zlatý, HL - hnědý) nejsou průkazné.



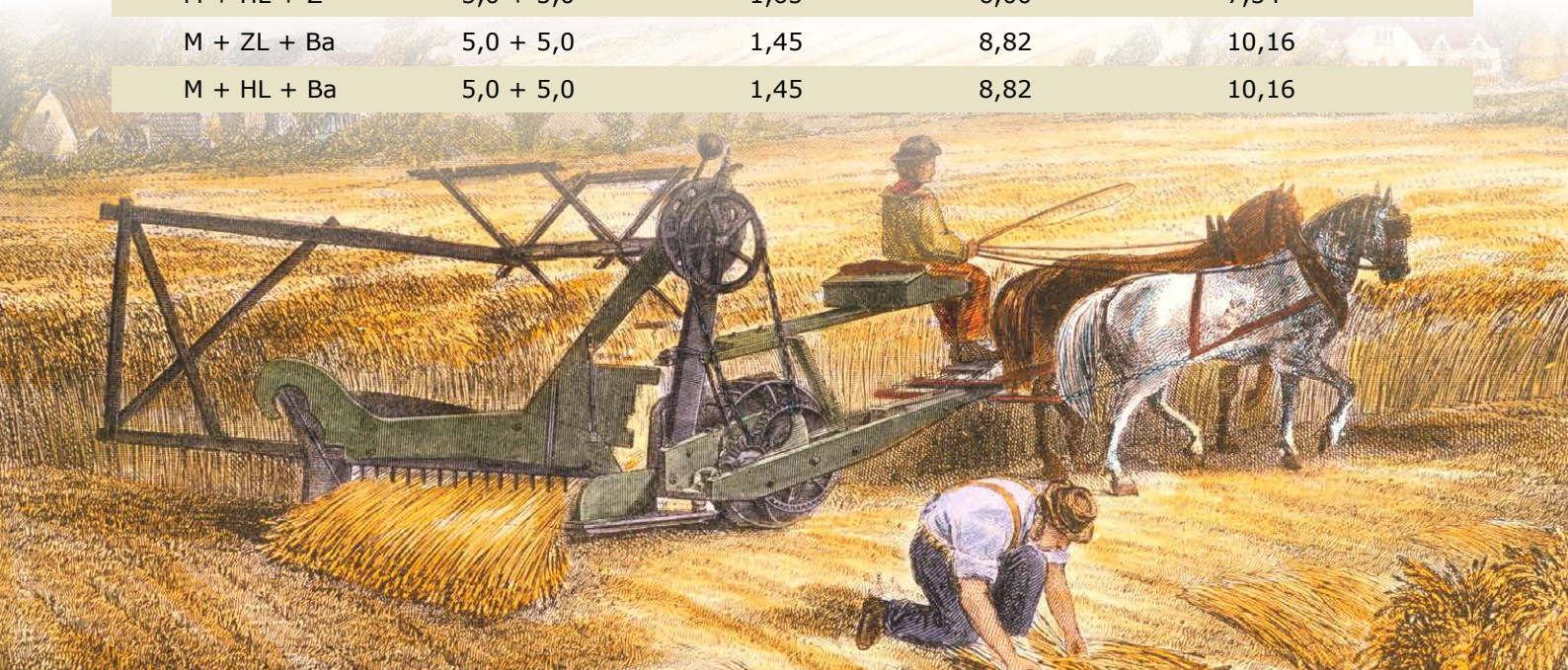
Tabulka 6: Obsah vlákniny v kompozitních směsích se lněnou vlákninou

Vzorek	Množství přídatku (% na mouku)	SDF	IDF (% hm. v sušině)	TDF
M	0,0	1,37	2,79	4,07
M + ZL	2,5	1,36	3,19	4,44
M + ZL	5,0	1,51	4,09	5,48
M + ZL	10,0	1,82	5,87	7,56
M + HL	2,5	1,36	3,19	4,45
M + HL	5,0	1,51	4,08	5,49
M + HL	10,0	1,82	5,86	7,58

Průkazné změny v obsahu všech složek vlákniny ve více komponentních směsích způsobily přidavky dalších netradičních komponent (tabulka 7), zejména mlýnského produktu z bambusu.

Tabulka 7: Obsah vlákniny ve více kompozitních směsích

Vzorek	Množství přídatku (% na mouku)	SDF	IDF (% hm. v sušině)	TDF
M + ZL + CH1	5,0 + 5,0	1,86	5,06	6,82
M + HL + CH1	5,0 + 5,0	1,86	5,05	6,83
M + ZL + N	5,0 + 5,0	x	x	8,88
M + HL + N	5,0 + 5,0	x	x	8,89
M + ZL + K	5,0 + 5,0	1,56	4,49	6,00
M + HL + K	5,0 + 5,0	1,56	4,49	6,00
M + ZL + Ž	5,0 + 5,0	1,65	6,01	7,53
M + HL + Ž	5,0 + 5,0	1,65	6,00	7,54
M + ZL + Ba	5,0 + 5,0	1,45	8,82	10,16
M + HL + Ba	5,0 + 5,0	1,45	8,82	10,16



Pekařské výrobky se lněnou vlákninou a netradičními produkty

Pšeničné pečivo s přísadkami vlákniny z hnědého a zlatého lnu – původ Nový Zéland

Pro laboratorní pekařské ověření (podle interní metodiky VŠCHT) byly zvoleny přísadky 2,5 a 5 % vlákniny z hnědého a zlatého lnu firmy Walramcom, Nový Zéland. Porovnáním měrného objemu byl zjištěn výrazný pokles (33 - 37 %) ve srovnání s pšeničným pečivem. Tvar byl v případě všech vzorků pečiva méně klenutý, což mělo vliv na zvýšení hutnosti střídky (obr. 12). Ostatní sensorické znaky byly hodnoceny jako srovnatelné s pšeničným pečivem, stejně jak uvádí práce Xu (2014).



Obr. 12: Pečivo s přísadkou 5 % lněné vlákniny z hnědého a zlatého lnu Walramcom

Pšeničné pečivo s přísadkami vlákniny z hnědého a zlatého lnu – původ Česká republika

Pro modelový pokus bylo laboratorně připraveno pečivo z pšeničné mouky a přísadka vlákniny dvou druhů (Amon, Recital) činila 2,5, 5 a 10 %. Pečivo mělo v důsledku fortifikace měrný objem také nižší (obr. 13). Tvar pečiva byl ovlivněn spíše negativně - bylo patrné snížení klenutosti všech vzorků, tedy pokles poměrového čísla zejména při přísadkách 5 %. Vyšší hodnoty (klenutější tvar) dosahovaly pšeničné výrobky s přísadkou vlákniny ze zlaté odrůdy

Amon. Pružnost střídky byla po přidání této vlákniny na srovnatelné úrovni s pečivem z pšeničné mouky. Spotřebitelský znak **hutnost**, popsáný jako snížená pružnost střídky, více ovlivnil **přídavek lněné vlákniny z hnědé odrůdy Recital**. Při sensorickém hodnocení měly vzorky s vlákninou z **Amonu** lepší bodové skóre v důsledku **jemnější střídky**. Chuť, aroma a pocit při žvýkání nebyly proti pšeničnému pečivu odlišné ani přidáním množství vlákniny z obou odrůd.



Obr. 13: Pečivo s přísadkou 10 % vlákniny z českých odrůd Amon a Recital

Pšeničné pečivo s přísadkami lněné vlákniny z hnědého a zlatého lnu a chia bílé

Lněná vláknina bez ohledu na původ zpracovávané suroviny má na charakteristiky pšeničného pečiva spíše negativní vliv. Z důvodu značné popularity **chia semínek** byl sledován vliv přísadků mletých semen z bílé formy (CH1). Pro pekařský pokus podle interní metodiky VŠCHT byly zvoleny přísadky 2,5 a 5 % vlákniny z hnědého a zlatého lnu firmy Walramcom a přísadka 5 % CH1.

Z obrázku 14 je patrný **pozitivní vliv přísadků bílé formy chia** na všechny znaky laboratorně připraveného pečiva ve srovnání se soubory s přísadkou pouze lněné vlákniny. Zvýšení vlivem chia činilo v průměru 33 % proti souboru pečiva obsahujícího pouze vlákninu z hnědých semen a 44 % ze zlatých

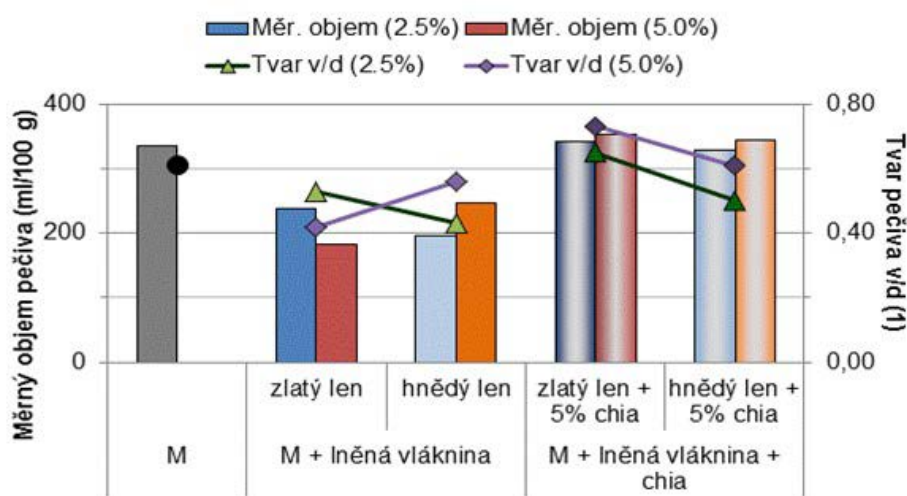
semen. Lze konstatovat, že při porovnání s čistě pšeničným pečivem byl zcela potlačen negativní dopad lněné vlákniny bez ohledu na druh a výši přidaného množství. Stejný pozitivní účinek byl potvrzen pro tvar pečiva obsahující obě netradiční suroviny. Vyšší poměrové číslo bylo zjištěno pro 5% množství obou druhů lněné vlákniny. **Nejlépe klenutý tvar a senzorické vlastnosti měl vzorek s recepturním složením 2,5 % vlákniny ze zlatého lnu a 5 % CH1.**

V tabulce 8 jsou uvedeny charakteristiky pečiva hodnocené 2 h po laboratorní výrobě. Měrný objem byl stanoven výpočtem z objemu a hmotnosti 3 bulek (obr. 14). Poměrové číslo udává průměrné rozměry výrobků (průměr/výška) a penetrace byla stanovena pomocí penetrometru PNR 10.

Základem pro posouzení vlivu složení kompozitních směsí je pšeničné pečivo uspokojivého měrného objemu (415 ml/100 g), dobře klenutého tvaru (poměrové číslo 0,69) a pružné střídky (penetrace 21 mm). Ve srovnání s pozitivním vlivem přídavku chia mletých semen **nebyl stejný efekt prokázán** v případě výrobků ze směsí kombinujících přídavek lněné vlákniny a dalších surovin s vysokým obsahem vlákniny.

Snížení měrného objemu pečiva závisí na recepturním složení a nejnižší pokles (cca 10 %)

způsobila **kombinace hnědé vlákniny a nopálové mouky**. Naopak až o 33 % mělo tento znak nižší pečivo se zlatou vlákninou a přídavkem bambusového produktu. Tvar pečiva byl proti pšeničnému méně klenutý s výjimkou směsi s žaludovou moukou. Přídavek bambusové vlákniny působil negativně na porozitu a hutnost střídky (penetrace 1/3 proti pšeničnému vzorku). Obecně platí, že v daném souboru bylo vyššího měrného objemu dosaženo při kombinaci netradiční složky se lněnou vlákninou z hnědého lnu. Pečivo však mělo méně klenutý tvar a spíše hutnější střídku. **Z hlediska senzorického profilu byly připravené vzorky hodnoceny jako spotřebitelsky přijatelné (obr. 15).** Pozitivní je vyšší nutriční přínos vlivem zvýšeného obsahu vlákniny.



Obr. 14: Znak pšeničného pečiva s přídavky kombinace lněné vlákniny a přídavku 5 % chia bílé

Pšeničné pečivo s přídavky lněné vlákniny z hnědého a zlatého lnu a dalších netradičních produktů

Použití lněné vlákniny pro fortifikaci pšeničného pečiva bylo modifikováno dalšími netradičními surovinami, které mohou být základem pro cereální výrobky s vyšším nutričním přínosem. Pro pekařský pokus podle interní metodiky VŠCHT byly zvoleny kombinace pšeničné mouky, 5 % vlákniny z hnědého a zlatého lnu (Walramcom) a **5 % nopálové mouky (N), kaštanové mouky (K), žaludové mouky (Ž) a bambusové vlákniny (Ba).**

Tabulka 8: Charakteristiky pečiva z více komponentních směsí

Vzorek M + 5 % + 5 %	Měrný objem pečiva (ml/100 g)	Poměrové číslo	Penetrace střídy (mm)
M + ZL + N	319	0,69	18
M + HL + N	347	0,62	14
M + ZL + K	301	0,61	13
M + HL + K	323	0,60	13
M + ZL + Ž	311	0,69	12
M + HL + Ž	316	0,63	11
M + ZL + Ba	276	0,59	7
M + ZL + Ba	291	0,58	7



Obr. 15: Pečivo s přídatkem 5 % zlaté lněné vlákniny a 5 % netradičních produktů (nopál, žalud, kaštan, bambus)

Shrnutí

Lněná vláknina je komerční produkt s prokazatelným nutričním přínosem, ale při užití v pekařském oboru nutno počítat s individuálním vlivem na technologii tradiční pekařské výroby a spotřebitelské charakteristiky získaného pečiva. Změna viskozitního profilu kompozitní směsi na bázi pšeničné mouky má za následek **zvýšenou vaznost vody**, což může

být spojeno s lepivostí těsta. Zředění obsahu lepkových bílkovin se projevuje **poklesem objemu pečiva a méně klenutým tvarem**. S tím je spojena nižší porozita a naopak vyšší hutnost střídy pekařských výrobků. Zmírnění těchto pro spotřebitele spíše negativních změn lze docílit např. **přídavkem mletých chia semen**.

Kombinace lněné vlákniny s dalšími netradičními produkty (**nopál, bambus, kaštan, žalud ve formě mlýnských produktů**) se projevuje dalším zvýšením obsahu vlákniny, která představuje stále deficitní složku v současné skladbě konzumovaných potravin.

Použitá literatura ke kapitole **Obohacení pšeničné mouky lněnou vlákninou v kombinaci s dalšími netradičními produkty:**

Ana B. Nutritional characteristics of acorn flour (a traditional component of the Mediterranean gastronomic folklore). *J. Food Measur. Character.*, 2016, 10(3): 584-588.

Ayadi M.A. Cladodes from *Opuntia ficus indica* as a source of dietary fiber: Effect on dough characteristics and cake making, *Industrial Crop and Products*, 2009, 30(1): 40-47.

Bernacchia R., Preti R., Vinci G. Chemical composition and health benefits of flaxseed. *Austin Journal of Nutrition and Food Science*, 2014, 2(8): 9.

Cunnane S.C., Ganuli S., Menard C., Wolever T.M., Jenkins D.J. High alpha-linolenic acid flaxseed: Some nutritional properties in humans. *British J. Nutrition*, 1993, 69(2): 443-453.

Demirkesen I., Mert B., Sumnu G., Sahin S. Utilization of chestnut flour in gluten-free bread formulations. *J. Food Engineering*, 2010, 101(3): 329-336.

Ding H.H., Cui S.W., Goff H.D., Wang Q., Chen J., Han N.F. Soluble polysaccharides from flaxseed kernel as a new source of dietary fibres: Extraction and physicochemical characterization. *Food Res. Inter.*, 2014, 56: 166-173.

Fitzpatric C.K. Stabilizing flax for food application. *Cereal Foods World*, 2008, 53(5): 280-282.

Hrušková M., Švec I. Linseed fibre - effect on composite flour properties and cereal products quality. *Potravinářstvo*, 2017, 11(1): 252-259.

Hrušková M., Švec I.: Vybrané netradiční plodiny a užití do cereálních výrobků, *Výživa a potraviny*, 2017, 2: 36-40.

Chetana Sudha M.L., Begum K., Ramasarma P.R. Nutritional characteristics of linseed/flaxseed (*Linum usitatissimum*) and its application in muffin making. *J. Texture Studies*, 2010, 41(4): 563-578.

Kishk Y.F.M., Elsheshetawy H.E., Mahmoud, E.A.M. Influence of isolated flaxseed mucilage as a non-starch polysaccharide on noodle quality. *International J. Food Sci. Technol.*, 2011, 46(3): 661-668.

Prazdnik W., Loeppert R., Vierstein H., Mueller M. 12th International Conference on Polysaccharides – Glycoscience, Prague 19.-21.11.2016, Proceedings, 2016 (R. Řápková, J. Čopíková, E. Šárka, eds.), 9-11 pp.

Rosell C. M., Santos E., Collar C. Physico-chemical properties of commercial fibers from different sources: A comparative approach. *Food Res. Inter.*, 2009, 42(1): 176-184.

Qian K.Y., Cui S.W., Wu Y., Goff H.D. Flaxseed gum from flaxseed hulls: Extraction, fractionation, and characterization. *Food Hydrocolloids*, 2012, 28: 275-283.

Švec I., Hrušková M. Statistical description of RVA profiles of composite blends with flax fibre, *Proceedings of the Ingrový dny 2016*, MU Brno, 7 pp.

Xu Y., Hall C.A., Manthey F.A. Effect of flaxseed flour on rheological properties of wheat flour dough and on bread characteristics. *J. Food Res.*, 2014, 3(6): 83-91.

UKZUZ Brno, 2015. Seznam doporučených odrůd – Olejníny. 1st ed., Brno, Vydavatelství ÚKZÚZ Brno, 132 pp.

Stanovení škrobových frakcí a predikce glykemického indexu v souvislosti s vlákninou u vybraných pekařských výrobků

(Renata Winterová, Helena Málková, Jitka Pinkrová)

Problematika **glykemického indexu (GI) potravin** je v posledních letech stále více v zájmu odborné i laické veřejnosti. Volbou potravin lze do určité míry pozitivně ovlivnit zdravotní stav člověka, zejména pak v případě některých civilizačních nemocí jako je diabetes 2. typu a obezita, nejen v populaci dospělých, ale i dětí.

Glykemický index (GI) je bezrozměrná veličina, která určuje vliv jednotlivých složek potravin na zvýšení glykemie (hladiny krevního cukru neboli glukosy v čase) po jídle. Stanovuje se jako poměr plochy pod glykemickou křivkou v průběhu dvou hodin po konzumaci dané potravině a plochy pod křivkou po konzumaci 50 g čisté glukosy, přičemž glykemický index samotné glukosy je uzančně roven 100 (Venn a Green, 2007).

Tato metodika je však finančně nákladná, a proto se provádějí pokusy se stanovením **predikce GI potravin** metodou *in vitro*, tedy v laboratorních podmínkách. Tímto způsobem se simuluje proces enzymového trávení v organismu.

Podle hodnoty glykemického indexu rozlišujeme potraviny s nízkým GI (GI < 55), se středním GI (GI 56 – 69) a s vysokým GI (GI > 70) (Brand-Miller *et al.*, 2009).

Hodnota GI závisí na surovinovém složení dané potravině, případném tepelném zpracování (vaření, pečení, smažení, extruze). U pekařských výrobků záleží na **recepturním složení a na typu a druhu použité mouky**, porušení škrobového zrna, ovlivnění přístupu amylas apod.

Z hlediska nutričního složení (nesacharidových složek) ovlivňuje hodnotu GI **obsah vlákniny, bílkovin a tuku** v potravine. S rostoucím obsahem uvedených složek je hodnota GI potraviny nižší. V neposlední řadě ovlivňuje hodnotu GI i **původ a konkrétní složení sacharidů a jejich případné změny při zpracování potravin**. Příkladem může být potravina s vyšším obsahem monosacharidu fruktosy. **Obsah přidané fruktosy sice sníží hodnotu GI** a přispívá ke zlepšení sensorických i technologických vlastností výrobku (dojde ke zlepšení vláčnosti a prodloužení čerstvosti pečiva). Naproti tomu, metabolismus fruktosy je odlišný od metabolismu glukosy a fruktosa může vést k rozvoji nadváhy a obezity, metabolického syndromu (např. inzulínové rezistence, dislipidémie, diabetu 2. typu a s tím související další zdravotní potíže).

Fruktosa na rozdíl od glukosy také méně stimuluje centra mozku, což ve svém důsledku způsobuje potlačení pocitu sytosti, a vede k další konzumaci jídla a riziku nadváhy a obezity.

Velkou slabinou kalkulovaných hodnot GI je to, že nezohledňují obsah využitelných sacharidů v reálné porci dané potravině. Například: pro vařenou mrkev uvádějí tabulky velmi vysokou hodnotu GI 93. Mrkev ale obsahuje jen okolo 7 g/100 g využitelných sacharidů. To znamená, že 50 g využitelných sacharidů (požadovaných pro stanovení GI), je obsaženo přibližně v 700 g vařené mrkve, což je množství, které reálně nelze zkonzumovat. Proto byla zavedena i hodnota tzv. glykemické nálože (GL; *Glycemic Load*), což je součin glykemického indexu a obsahu využitelných sacharidů (v g/100 g potraviny, případně na porci).

Popis experimentální práce

Cílem této práce bylo analyzovat a zhodnotit skupinu **8 chlebů** a **1** vzorku jemného pečiva (**třená celozrnná bábovka**).

Podle metodiky *in vitro* (Englyst *et al.*, 1999) byly stanoveny jednotlivé škrobové frakce – **rychle stravitelný škrob** (RDS), **pomalou stravitelný škrob** (SDS), **celkový škrob** (TS) a **rezistentní škrob** (RS). Predikce glykemického indexu spočívala ve vyjádření **rychle dostupné glukosy** (RAG), jež charakterizuje pravděpodobnou rychlost uvolnění glukosy v tenkém střevě a determinuje tak glykemickou odezvu. Dále byla u pekařských výrobků stanovena celková vláknina podle enzymaticko-gravimetrické metody AOAC 991.43.

Základní surovinové složení analyzovaných vzorků chlebů (s ohledem na zdroje vlákniny) bylo následující:

chléb konzumní s kmínem: pšeničnožitná mouka;

chléb Šumava: pšeničnožitná mouka;

chléb Super Sandwich: pšeničná mouka;

chléb ze směsi AbendBrot 100: pšeničná celozrnná mouka, sójová mouka, pšeničné otruby, sójový šrot, hnědá a žlutá lněná semínka, slunečnicová semínka, jablečná vláknina, pražený ječný slad;

chléb z AbendBrot Mantler: podobné složení jako směs AbendBrot 100, navíc sezamová semínka;

chléb ze směsi AbendBrot 80: podobné složení jako směs AbendBrot 100, pouze lněná a slunečnicová semínka zvlášť přimíchávaná do směsi;

chléb ze směsi AbendBrot Softig: podobné složení jako směs AbendBrot100, navíc přídavek sójového lecitinu;

večerní chlebiček: podobné složení jako u chleba ze směsi Abendbrot 100;

třená celozrnná bábovka: celozrnná ječná mouka, pšeničná mouka, jablečná vláknina.

Výsledky

Z výsledků (tabulka 9) analyzovaných chlebů a bábovky je zřejmé, že **nejvyšší hodnoty rychle dostupné glukosy (RAG)**, která v tomto případě predikuje glykemický index dané potraviny, má chléb **Super Sandwich** (hodnota RAG 41,49 %), kde byla hlavní surovinou pouze pšeničná mouka. Chléb konzumní s kmínem a Chléb Šumava mají zřejmě podobné surovinové složení, tedy podobné poměry a typy pšeničné a žitné mouky. Z tohoto důvodu se tyto chleby příliš nelišily v hodnotách RAG (38,11 % a 38,48 %) a ani v podílu ostatních škrobových frakcí. **Velmi významné snížení hodnot RAG je patrné u chlebů ze směsi AbendBrot ve všech jeho variantách** (hodnoty RAG od 8,21 % do 12,22 %). **Díky nízkým hodnotám RAG se předpokládá u těchto chlebů snížený glykemický index.**

Nižší hodnotu RAG (29,43 %) vykazuje i **celozrnná třená bábovka**, která obsahovala kromě pšeničné a ječné mouky také jablečnou vlákninu a pravděpodobně byl v receptuře i vyšší obsah tuku (okolo 30 %) (tuk má také významný vliv na snížení glykemického indexu).

Prokázalo se, že **stanovené hodnoty pomalu stravitelného škrobu (SDS) neměly vliv na glykemický index**. Hodnoty celkového škrobu (TS) se u pšeničného a pšeničnožitných chlebů nacházely od 43,65 % do 45,12 %, u chlebů ze směsi AbendBrot od 16,54 % do 20,28 %, a u třené bábovky 27,14 %. Nevyužitelné, rezistentní škroby (RS) byly u pšeničného a pšeničnožitného chleba nižší (obsah RS v rozmezí 1,11 – 2,60 %) než u chlebů ze směsi AbendBrot.

Všechny analýzy byly provedeny minimálně ve 4 paralelních stanoveních a relativní směrodatná odchylka měřených parametrů (RSD) se pohybovala v rozsahu 1,5 – 8 %.

Tabulka 9: Podíl frakcí glukosy a škrobu v pekařských výrobcích

Pekařský výrobek	RAG	RDS	SAG	SDS	TS	RS
	(% hm. ve vzorku)					
Chléb konzumní s kmínem	38,11	34,22	7,69	6,92	43,75	2,60
Chléb Šumava	38,48	34,56	7,28	6,55	43,65	2,54
Chléb Super Sandwich	41,49	37,21	7,49	6,74	45,12	1,11
Chléb ze směsi AbendBrot 100	8,60	7,67	3,36	3,02	16,83	5,84
Chléb ze směsi AbendBrot Mantler	12,22	10,79	3,94	3,55	20,28	5,94
Chléb ze směsi AbendBrot 80	8,21	7,32	3,52	3,17	16,54	6,06
Chléb ze směsi AbendBrot Softig	8,64	7,84	3,14	2,83	16,61	6,09
Večerní chlebík	8,84	7,89	2,96	2,66	16,66	6,11
Celozrnná třená bábovka	29,43	21,27	3,64	3,28	27,14	2,59

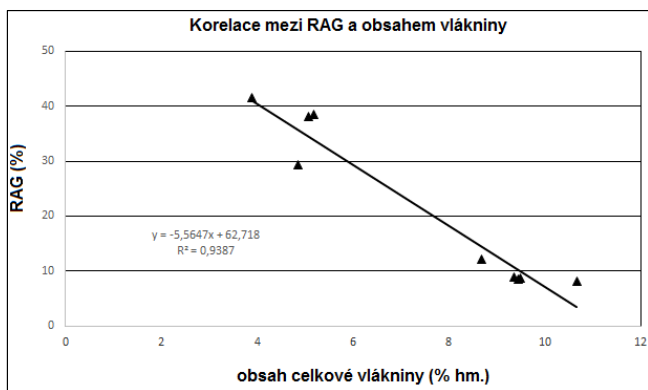
RAG – rychle dostupná glukosa; **RDS** – rychle stravitelný škrob; **SAG** – pomalu dostupná glukosa; **SDS** – pomalu stravitelný škrob; **TS** – celkový škrob; **RS** – rezistentní škrob

U všech analyzovaných pekařských výrobků byla také stanovena celková vláknina (tabulka 10).

Obsah celkové vlákniny velmi dobře koreloval s hodnotami RAG. Z korelační křivky (obr. 16) je zřejmé, že byl nalezen velmi příznivý korelační koeficient ($R = 0,9688$; korelace na hladině významnosti 5 %).

Tabulka 10: Obsah sušiny a celkové vlákniny v pekařských výrobcích

Pekařský výrobek	Celková vláknina (% hm. ve vzorku)	Celková vláknina (% hm. v sušině)
chléb konzumní s kmínem	5,06	7,99
chléb Šumava	5,17	7,97
chléb Super Sandwich	3,88	5,43
chléb ze směsi AbendBrot 100	9,45	15,51
chléb ze směsi AbendBrot Mantler	8,67	14,25
chléb ze směsi AbendBrot 80	10,66	16,59
chléb ze směsi AbendBrot Softig	9,48	15,16
večerní chlebík	9,36	5,77
celozrnná třená bábovka	4,84	14,88



Obr. 16: Korelace mezi hodnotami RAG a obsahem celkové vlákniny ve vzorcích pekařských výrobků (RAG – rychle dostupná glukosa)



Závěr

Ze stanovených hodnot frakcí škrobu a celkové vlákniny, lze konstatovat, že chleby vyrobené ze směsi AbendBrot splnily nároky na významné snížení glykemického indexu u daného druhu pečiva (nižší obsah rychle stravitelných sacharidů a vysoký obsah celkové vlákniny). Důležitou roli ve výživě hraje také dávka a pravidelná konzumace těchto výrobků s nižším glykemickým indexem.

Použitá literatura ke kapitole **Stanovení škrobových frakcí a predikce glykemického indexu v souvislosti s vlákninou u vybraných pekařských výrobků:**

Englyst K.N., Englyst H.N., Hudson G.J. *et al.* Rapidly available glucose in food: an vitro measurement that reflects the glyceic response . Am J Clin Nutr., 1999, 69:448-454.

Brand-Miller J.C., Stockmann K., Atkinson F., Petocz P., Denyer G. Glycemic index, postprandial glycemia, and the shape of the curve in healthy subjects: analysis of a database of more than 1,000 foods. Am. J. Clin. Nutr., 2009, 89(1): 97-105.

Venn B.J., Green TJ. Glycemic index and glycemic load: measurement issues and their effect on diet-disease relationships. Europ. J. Clin. Nutr., 2007, 61: 122-131.

Inovace v sortimentu pekařských výrobků

(Dana Gabrovská)

V předkládaném příspěvku bude shrnuta aktivita Potravinářské komory České republiky týkající se podpory inovativních cereálních výrobků.

Od roku 2014 vyhlašuje Potravinářská komora ČR „Cenu Potravinářské komory o nejlepší potravinářský inovativní výrobek“ pro všechny potravinářské

komodity. Lze říci, že v oblasti inovací jsou **nejaktivnější výrobci mlýnských, pekařských a cereálních výrobků**. Níže je uveden přehled přihlášených výrobků za první čtyři ročníky (oceněné výrobky jsou **tučně zvýrazněny**).

1. ročník – rok 2014

AGRODRUŽSTVO ROŠTĚNÍ, družstvo
AGRODRUŽSTVO ROŠTĚNÍ, družstvo
Beas, a.s.

JIZERSKÉ PEKÁRNY spol. s r.o.

SEMIX PLUSO, spol. s r.o.

SEMIX PLUSO, spol. s r.o.

SEMIX PLUSO, spol. s r.o.

SEMIX PLUSO, spol. s r.o.

SEMIX PLUSO, spol. s r.o.

SEMIX PLUSO, spol. s r.o.

UNITED BAKERIES a.s.

Krekry

Bílkovinný večerní chlebík

Chléb Ličenský Zrník

Loupáky v pečicím sáčku bez lepku

Beta chleba s ječmenem - směs pro pekařskou výrobu

Beta chleba s ječmenem do domácí pekárny

Čokoládový dort bez lepku

Chléb bez lepku

Ječná kaše čokoládová

Müsli srdíčka banánová s kakaovými boby

Lámankový chléb předpečený Fr. Odkolek

Stručný popis výrobků oceněných v roce 2014:

Chléb Ličenský Zrník je celozrnný chléb, z celozrnné žitné mouky, pečený v trojhranné formě, střídky je pórovitá, hnědé barvy, na řezu viditelná zrna, kůrka tmavší hnědá, na povrchu semena slunečnice.

Složení: mouka žitná celozrnná, voda, slunečnice, žitný kvas, dýně, len, droždí, sůl. Podařilo se vyvinout výrobek s kombinací zdravotních benefitů: celozrnný žitný výrobek s vysokým obsahem vlákniny.



Směs Chléb bez lepku splňuje požadavky legislativy na výrobky bez lepku. Směs je určena pro přípravu bezlepkového chleba, pro použití v domácí pekárně i pro běžné ruční domácí zpracování. Složení: pšeničný škrob deproteinovaný, jáhlová mouka, rýžová mouka, jablečná vláknina, sůl obohacená jódem, zahušťovadlo (guarová guma), cukr, kmín, emulgátor (mono- a diacylglyceroly mastných kyselin, sójový lecitin), regulátor kyselosti (kyselina citronová). Výrobek obsahuje alergen sóju. Výrobek splňuje výživové tvrzení „zdroj vlákniny“ – obsahuje 4,6 vlákniny na 100 g.

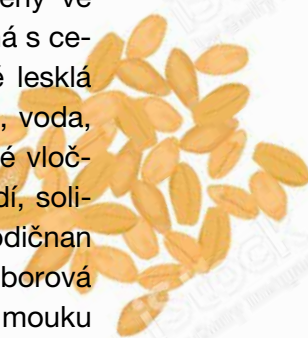


2. ročník – rok 2015

BEAS, a.s.	Ličenský Kardík
GOLDIM, spol. s r.o.	Kozí kaše krupicová
Hukvaldská pekárna, s.r.o.	Meruňkový lopaťák
Hukvaldská pekárna, s.r.o.	Borůvkový lopaťák
SEMIX PLUSO, spol. s r.o.	Pohanková kaše čokoládová
SEMIX PLUSO, spol. s r.o.	Třízrná kaše Natural

Stručný popis výrobků oceněných v roce 2015:

Ličenský Kardík® je vícezrný chléb, pečený ve tvaru vky (oválný), střídka je pórovitá, pružná s celými zrny, kůrka je zlatohnědé barvy, mírně lesklá s viditelnými zrny. Složení: mouka pšeničná, voda, kvas žitný (žitná mouka, voda), oves, ovesné vločky, mouka žitná, len, dýňová semena, droždí, solící směs (chlorid sodný, chlorid draselný, jodičnan draselný, cukr), zlepšující přípravek (bramborová vláknina, enzymy hydrolasy, látka zlepšující mouku kyselina askorbová), pekařský přípravek (pšenice, pšeničná sladová mouka, enzymy). Výrobek **Ličenský Kardík®** má významný podíl celých zrn, je zdrojem vlákniny (3,9 g/100 g). Byla použita speciální solící směs se sníženým obsahem sodíku (chlorid sodný byl částečně nahrazen chloridem draselným). Konečný výrobek splňuje kritéria Světové zdravotnické organizace (WHO), která doporučuje pro pekařské výrobky obsah soli do 1,2 g na 100 g výrobku



3. ročník – 2016

Beas, a.s.

Beas, a.s.

IREKS ENZYMA s.r.o.

Kolářkova pekárna s.r.o.

Kolářkova pekárna s.r.o.

Kolářkova pekárna s.r.o.

KOMPEK, spol. s r.o.

PRO-BIO, obchodní společnost s r.o.

Resolution, s.r.o.

Resolution, s.r.o.

Resolution, s.r.o.

SEMIX PLUSO, spol. s r.o.

Zeelandia spol. s r.o.

Chléb Hradišťan

Chléb Kuba vícezrný

Směs ANTIQUE určená pro výrobu ječno-ovesného chleba a pečiva

Čokoládový chléb

Pohankový bezlepkový bezmoučný chléb**Red velvet muffin**

Vícezrné bílkovinné krekry

Chléb ječno-ovesný

Bezlepkový chléb kmínový

Šestizrný kváskový kornspitz

Pivní rohlík se záparou

Vícezrná kaše 80 %

Žitno-pšeničný chléb Ebony**Stručný popis výrobků oceněných v roce 2016:****Chléb Hradišťan – pšenično-žitný chléb**

Složení: mouka pšeničná, voda, mouka žitný, kvas žitný (žitná mouka a voda), kvas pšeničný (pšeničná mouka a voda), droždí, sůl s jódem, zlepšující přípravek (látka zlepšující mouku kyselina askorbová, enzymy), kmín. Inovace spočívala v originálním značení chlebu laserem po upečení, čímž se snížila možnost falzifikace.

Směs ANTIQUE určená pro výrobu ječno-ovesného chleba a pečiva. Byly použity ječné a ovesné mlýnské výrobky s vysokým obsahem beta-glukanů; lze použít zdravotní tvrzení týkající se beta-glukanů; 100 g chleba obsahuje 2 g beta-glukanů; obsah vlákniny je 5,1 g/100 g.

Pohankový bezlepkový bezmoučný chléb: Pohankový bezlepkový bezmoučný chléb obsahuje pouze mechanicky loupanou pohanku a tři druhy semínek (slunečnice, len a dýně).

Red velvet muffin: čokoládový muffin z celozrné

žitné mouky a s přidavkem červené řepy, bez cukru, s datlemi. Obsahuje hořkou belgickou čokoládu. Neobsahuje přidaný cukr.



Pivní rohlík se záparou: světlý rohlík s vůní piva, se semínky a zrníčky. S přidavkem přírodního kvasu, jemná vůně piva, plná chuť zápary, velmi měkká nadýchaná střídkka. Složení: pitná voda, bezlepkový (deproteínovaný) pšeničný škrob, rýžová mouka, pohanková mouka, bramborové vločky, slunečnicový olej, zápara (slunečnicová a lněná semínka, dýňové semínko, pohankové kroupy, jáhly), bezlepkové pivo (pitná voda, ječné slady, chmelové produkty),

koření, sůl, stabilizátory (xanthan, guma tara, hydroxypropylmethylcelulosa), cukr. Inovace spočívala především v použití kvasové technologie v bezlepkovém drobném pečivu a v použití bezlepkového piva (konkrétně bezlepkový ležák Bernard).

Žitno-pšeničný chléb Ebony: Chléb byl vyroben s vařenou záparou, která byla dříve používána ve formě suché směsi. U vařené zápary jsou všechny zrníčka pěkně nabobtnaná a měkká, zápara je připravena k okamžitému použití. Složení: vařená zápara Ebony, žitná mouka, voda, pšeničná mouka hladká, droždí, sůl, pekařský přípravek pro chléb.

Chléb Kardicorn vícezrný: Chléb je určený k dopečení doma, balený v ochranné atmosféře CO₂/N₂. Chléb má vysoký obsah vlákniny (7,2 g/100 g) a snížený obsah sodíku (byla použita speciální solící směs, chlorid sodný nahrazen částečně chloridem draselným).

Ořechový bio chléb: ořechový 100% žitný chléb v bio kvalitě. Žitný kváskový chléb se třemi druhy semínek (slunečnice, len a dýně), obsahuje vlašské bio ořechy.

Žitné crackers: balené slané žitné crackers, s kousky mrkve a lněného semínka, obsahují celozrnnou žitnou a žitnou mouku, máslo a směs orientálního koření.

4. ročník – 2017

Beas, a.s.

Beas, a.s.

Beas, a.s.

Beas, a.s.

COOC FOOD s.r.o.

COOC FOOD s.r.o.

IREKS ENZYMA, s.r.o.

IREKS ENZYMA, s.r.o.

IREKS ENZYMA, s.r.o.

SEMIX PLUSO, spol. s r.o.

SEMIX PLUSO, spol. s r.o.

SEMIX PLUSO, spol. s r.o.

Veronika Hradecká

Zeelandia spol. s r.o.

Hradištská houska omládková

Chléb Hradišťan dvoukváskový

Chléb Kardicorn vícezrný

Zrníčko celozrnné

Ořechový bio chléb

Žitné crackers

Bezlepkový ovesný chléb

Čiroková bageta (sypaná)

Celozrnné pekařské výrobky s CELOZRNKO

Pekařskou směsí

BIO Ovesné lupínky křupavé

Ovesné lupínky s jablky a skořicí

Lněné semínko mleté s kešu oříšky a dýní

Semolinové těstoviny Cellesta

Luštěninový ošatkový chléb

Stručný popis výrobků oceněných v roce 2017:

Chléb Hradišťan dvoukváskový - nová varianta chleba, jedná se o předpečený chléb s použitím moderní technologie, určené k domácímu dopečení; chléb je dopečen na 70 % a zabalen do ochranné atmosféry CO₂/N₂.

Bezlepkový ovesný chléb: jedná se o směs na výrobu bezlepkového ovesného chleba s vysokým obsahem vlákniny (6,2 g vlákniny/100 g), směs obsahuje semínka a kvas. Složení: bezlepkové ovesné vločky (43 %), rýžová mouka, slunečnicová semena, lněná semena, sušený kvas (mlýnské výrobky z rýže, startovací kultura), psyllium, karamel, regulátor kyselosti (E262), maltodextrin.

Ovesné lupínky s jablky a skořicí: křehké ovesné lupínky s jablky a skořicí, 100 g lupínků obsahuje 3,1 g beta-glukanů.

Lněné semínko mleté s kešu oříšky a dýní: namleté lněné semínko s kešu oříšky je bohaté na nenasycené mastné kyseliny především na kyselinu alfa-linolenovou; výrobek má také vysoký obsah vlákniny.

Luštěninový ošatkový chléb: vícezrnný chléb obohacený o luštěniny ve formě zápary. Zápara obsahuje dva druhy atraktivních luštěnin (fazole mungo a čočku) a ovesný kvas, směs je dochucena paprikou a mrkví. Luštěninový ošatkový chléb má vyšší obsah bílkovin ve srovnání s běžnými chleby.



Na závěr lze konstatovat, že **inovace v oblasti mlýnských, pekařských a cereálních výrobků je velmi úspěšná**. Výrobci využívají moderní technologie zpracování, používají nové a netradiční suroviny. Předpečené pečivo, celozitné výrobky, použití zápary, ovesné a ječné mouky jako zdroje beta-glukanů, bezlepkový ovesný chléb, možnosti snížení obsahu sodíku, obohacování výrobků o ořechy a semínka, použití surovin s vyšším obsahem antioxidantů a další, to vše jsou inovace, které určitě vítají jak spotřebitelé, tak odborníci na výživu.



Použitá literatura je dostupná u autorů jednotlivých příspěvků.

Recenzenti:

prof. Ing. Ivana **Capouchová**, CSc., Česká zemědělská univerzita v Praze
Doc. Ing. Jan **Pánek**, CSc., Ústav analýzy potravin a výživy, VŠCHT Praha

Autorská pracoviště:

Potravinářská komora České republiky
Česká zemědělská univerzita v Praze
Vysoká škola chemicko-technologická v Praze
Agrotest fyto, s.r.o.
Výzkumný ústav potravinářský Praha, v.v.i.





OBILOVINY v lidské výživě 2017

Shrnutí poznatků o obilovinách
se zaměřením na problematiku
sacharidů obilovin.

Potravinářská komora České republiky
Česká technologická platforma pro potraviny

Praha 2017. vydání

ISBN 978-80-88019-24-4

