

NUTRITION

N

ROČNÍK 5

E

ČÍSLO 1

W


ZÁŘÍ 2017

S



SACHARIDY
V POTRAVINÁCH

16 str.



NUTRIČNÍ
HODNOCENÍ
DIETNÍ
VLÁKNINY

22 str.



Nutrition News

| Editorial

Zdeněk Zadák str. 5

| Co si z edukace odnášejí naši pacienti?

Martina Daňková, Aneta Sadílková, Štěpán Svačina, Gabriel Pallay str. 7

Výsledky dotazníkového šetření mezi diabetiky i nediabetiky přineslo zajímavé srovnání přístupu obou skupin k zdravému životnímu stylu. Autorky se zamýšlí nad smyslem edukace a hledají správný způsob vedení edukace svých pacientů.

| Sacharidy v potravinách

Jana Dostálová str. 16

Přehled sacharidů a jejich klasifikace (třídění) z hlediska chemie potravin a legislativy je doplněna v současnosti používanou terminologií. Obsahuje rovněž seznam zdrojů škrobu a cukrů v potravinách.

| Náhrada cukru jinými sladidly

Jana Dostálová str. 19

Seznam sladidel povolených v České republice je doplněn krátkou charakteristikou problematiky sladidel a popisem jejich vlastností. Krátce je zmíněn společenský kontext a tolerance k sladidlům nahrazujících sacharózu.

| Nutriční hodnocení dietní vlákniny

Alena Tichá, Radomír Hyšpler, Zdeněk Zadák str. 22

Práce shrnuje možnosti stanovení nutriční kvality dietní vlákniny metodami *in vitro* a *in vivo*. Vhodnou metodou pro zhodnocení efektivity účinku vlákniny v gastrointestinálním traktu je stanovení vodíku či metanu ve vydechaném vzduchu.

| Vláknina v naší stravě

Martin Staněk str. 27

Přehledně zpracovaná problematika vlákniny – rostlinných polysacharidů hlavně z pohledu výživového; přináší informace širokého záběru: od jejich fyzikálně-chemických vlastností přes původní funkci v rostlinném těle až po vliv na trávicí pochody. Komentuje a analyzuje diskuzi o vymezení pojmu vláknina, zabývá se jejím stanovením a nabízí jako východisko výživová zdravotní tvrzení Evropské agentury pro bezpečnost potravin.

| Aminokyseliny a orgánové funkce

Vladimír Teplan str. 38

Pohled na roli jater v rámci metabolismu aminokyselin nabízí řešení při jejich patologii, a to v podobě parenterální suplementace aminokyselin s rozvětveným řetězcem, následované snížením aromatických aminokyselin a hladin amoniaku.

Předseda redakční rady:

- prof. MUDr. Zdeněk Zádák, CSc., Centrum pro výzkum a vývoj Fakultní nemocnice Hradec Králové

Redakční rada:

- MUDr. Petr Beneš, Interní oddělení Nemocnice Na Homolce, Praha
- prof. MUDr. Štěpán Svačina, DrSc., MBA, III. interní klinika 1. LF UK a VFN v Praze
- doc. MUDr. František Vyhnánek, CSc., Chirurgická klinika 3. LF UK a FN Královské Vinohrady, Praha

Poradní sbor:

- MUDr. Kamil Bezděk, Nový Jičín
- prof. MUDr. Richard Češka, CSc., Praha
- doc. MUDr. Pavel Kohout, Ph.D., Praha
- MUDr. Viktor Maňásek, Nový Jičín
- MUDr. František Novák, Ph.D., Praha
- Pharm.Dr. Martin Staněk, Praha
- RNDr. Mgr. Alena Tichá, Ph.D., Hradec Králové
- doc. MUDr. Pavel Těšínský, Praha
- doc. MUDr. Roman Zazula, Ph.D., Praha

Všechny příspěvky procházejí standardním recenzním řízením.

Tiráž

Vydavatel: We Make Media, s. r. o. | **Jednatelka:** MUDr. Ivana Kaderková

Adresa: Italská 24, 120 00 Praha 2, Česká republika

Tel.: +420 778 476 475 | **E-mail:** info@wemakemedia.cz / www.wemakemedia.cz / IČO 27656624

Odpovědné redaktorky: Mgr. Pavla Veškrnová, m.veskrnova@wemakemedia.cz, Judita Vogelová, j.vogelova@wemakemedia.cz,

Jazyková redaktorka: Mgr. Pavla Veškrnová, PhDr. Hana Kaiserová | **Zlom a grafická úprava:** We Make Media, s. r. o.

Jakékoliv kopírování či šíření celého obsahu nebo části tohoto časopisu, ať již v tištěné či elektronické podobě, je bez výslovného souhlasu vydavatele přísně zakázáno. | Recenzovaný časopis | Vychází 3x ročně / 5. ročník / ISSN 1805-8833 (Print) / ISSN 2694-7226 (On-line)
Registrováno pod evidenčním číslem MK ČR E 21004

Nutrition
NEWS 

Nutriční a metabolická role sacharidů

Ve středoevropské a západoevropské oblasti tvoří sacharidy přibližně 40–60% energetického přívodu. V rozvojových zemích, zejména v asijské oblasti, tvoří sacharidy přibližně 75–80% krytí potřeby energie. Sacharidy z hlediska klinického i fyziologického plní i významnou roli strukturální, metabolickou a podílejí se na homeostáze vnitřního prostředí. Z pohledu energetických zdrojů se stále informace liší, pokud jde o využití a charakterizování spalné teploty, stravitelnosti a metabolického využití. Z tohoto důvodu se vždy rozlišuje a u různých typů sacharidů vyjadřuje energie získaná při různém stupni trávení sacharidů a také celková využitelná energie (ME), případně čistá využitelná energie (NME).

Způsob stanovení, chemický charakter a fyziologický, případně metabolický význam různých sacharidů se významně liší a v některých z těchto okruhů dosud nedošlo mezi jednotlivými experty a expertními skupinami ke shodě.

Chemická klasifikace široké skupiny polysacharidů sice nabízí praktickou základnu pro měření a označování sacharidů, avšak neumožňuje jednoduché převedení na nutriční efekt. Je to zčásti způsobeno tím, že nutriční využití jednotlivých sacharidových tříd se velmi podstatně liší nejenom u různých etnik, ale také u jednotlivců. Navíc se fyziologická charakteristika, zejména pokud závisí na mikrobiomu lidského střeva, a není-li jasně ohraničena, v mnoha situacích překrývá.

Obecné nutriční a orgánové účinky sacharidů

Fyziologické, nutriční a orgánové účinky sacharidů závisí velmi podstatně na skupině, která je charakterizována chemickou strukturou sacharidů. Monosacharidy – jednoduché cukry – existují v jedné chemické formě, případně dvou: aldózách, které obsahují aldehydickou skupinu, jako je glukóza a galaktóza, a v ketózách, které obsahují ketoskupinu, jak tomu je u fruktózy. Monosacharidy mohou tvořit chemické vazby navzájem, a tak formovat větší molekuly složené z dvou monosacharidů, tj. disacharidy. V lidské výživě má největší význam z disacharidů sacharóza, složená z jedné molekuly glukózy a jedné molekuly fruktózy, dále laktóza nacházející se v mlé-



prof. MUDr. Zdeněk Zadák, CSc.

ce, složená z jedné molekuly glukózy a galaktózy a konečně maltóza vznikající vazbou dvou molekul glukózy. Termín oligosacharidy se používá pro spojení tří až dvaceti glukózových jednotek. Glukózové jednotky jsou primárně vázány pomocí α -(1→4) glykosidovými vazbami, které jsou štěpitelné trávicími enzymy lidského gastrointestinálního traktu. Z čím většího počtu glukózových jednotek je maltodextrin složen, tím se zmenšuje jeho rozpustnost ve vodě a snižuje sladká chuť. Maltodextriny s vyšší molekulovou hmotností jsou chuťově neutrální, ještě relativně dobře rozpustné ve vodě, tvoří bílé lehké šupinky a jsou významným nutričním doplňkem – nosičem energie včetně jejich výživových suplementů.

Funkce a metabolismus nestravitelných sacharidů (dietní vláknina, trávení rezistentního škrobu)

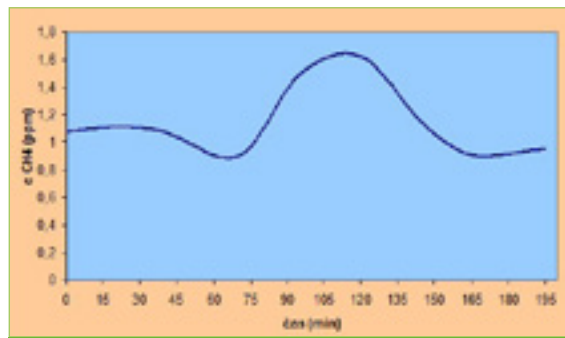
Tento typ sacharidů není štěpen pankreatickou amylázou, ani fermenty tenkého střeva, ale podle typu mikroflóry tlustého střeva může být fermentován v různém stupni mikrobiálním osídlením kolon. Z toho jasně vyplývá, že účinnost fermentace dietní vlákniny v tlustém střevě závisí nejen na charakteristice a typu dietní vlákniny (fruktomanany, galaktomanany, glukomanany), ale také na mikrobiomu trávicího traktu. Fermentací vyvolávanou střevními mikroby vznikají krátké mastné kyseliny (kyselina octová, propionová, máselná), které mohou být významným zdrojem energie v energetické rovnováze člověka a tento fenomén je klinicky velmi dobře využitelný. Při vhodné kombinaci střevního mikrobiomu s mikrobiální fermentací je získ dietní vlákniny – trávení rezistentního škrobu dobře využitelný zejména při závažné poruše v proximální oblasti

trávicího traktu (jejunum, ileum), např. u syndromu krátkého střeva. Krátké mastné kyseliny generované z dietní vlákniny střevními mikroby jsou z podstatné části transportovány portální oběhem do jater, kde vzniká následně glukóza a tuk. Jinými slovy, dietní vláknina může být významným přínosem k pozitivní energetické bilanci, jinak řečeno, je hrubý omyl informovat např. obézního jedince v redukčním režimu, že dietní vláknina je energeticky neutrální. Naopak při vhodné kombinaci dietní vlákniny dochází působením mikrobiální flóry tlustého střeva k energetickému zisku, takže může napomáhat akumulaci tuku v organismu.

Nepostradatelné jsou krátké mastné kyseliny vznikající mikrobiální fermentací vlákniny ve střevě i v dalších směrech. Krátké mastné kyseliny jsou zdrojem energie pro sliznici kolon, která je nezbytná pro funkce kolonocytů v procesu vstřebávání sodíku a resorpce vody z distálních partií kolon. Krátké mastné kyseliny (SCFA – short chain fatty acids) mají principiální význam pro dělení a funkční diferenciaci kolonocytů. Tím zabraňují metaplazii sliznice tlustého střeva a jsou ochranným faktorem před vznikem karcinomu tlustého střeva.

Vzhledem k závislosti fermentace dietní vlákniny na mikrobiomu kolon vznikají zásadní rozdíly metabolické a energetické využitelnosti dietní vlákniny nejen u jedinců, ale také u celých etnických skupin. Typickým příkladem je vysoká fermentabilita inulinu u etnik asijského původu, zatímco u některých skupin a jedinců ve středo- a západoevropských zemích může být minimální. Tento jev lze dobře prokázat analýzou metanu a vodíku v dechu (obrázek č. 1).

Obrázek č. 1: Stanovení transit time tenkého střeva – koncentrace metanu ve vydechaném vzduchu po aplikaci lékopisné vlákniny laktulózy 2



Zdroj: Tichá, A., Hyšpler, R., Zadák, Z., Indrová, M., Hyšplerová, L., Churáček J., & Gasparič, J. (2003). Dietní vláknina a její vlivy na lidský organismus. *Klinická biochemie a metabolismus*, 11(32), 27–31.

Závěr

Sacharidy jsou nejen nepostradatelným zdrojem energie, ale mají celou řadu regulačních účinků, např. v oblasti funkcí tlustého střeva, ale také na ose kolon–mozek. Jsou spolehlivé důkazy, které prokazují mechanismus ochrany kognitivních funkcí v závislosti na účinné fermentaci dietní vlákniny kolon a při převaze kvasných procesů nad hnilobnými procesy v distálních partiích trávicího traktu.

prof. MUDr. Zdeněk Zadák, CSc.
Fakultní nemocnice Hradec Králové
e-mail: zadak@fnhk.cz

Co si z edukace odnášejí naši pacienti?

‡ Martina Daňková¹, Aneta Sadílková¹, Štěpán Svačina¹, Gabriel Pallay²

¹3. interní klinika Všeobecné fakultní nemocnice a 1. LF UK v Praze, ²Česká lékárna holding, a.s., Praha

Summary

Diabetic patients are a frequently educated group of patients. A survey performed in 366 pharmacies in March 2016 found interesting data relating, among others, to the patients' knowledge about healthy life style and transfer of theoretical findings from education to practice. It has followed from the survey that the life style of diabetic patients who have most probably been educated several times is not healthier than that of non-diabetic people. We thus face the question as to whether the education is performed correctly. Education is obviously an important part of diabetes therapy as the disease management depends, to a large extent, on the patient's active approach and their willingness to adhere to the proposed regimen and pharmacological measures. The text includes some thoughts about the current way of education and its actual impact on the life style of patients suffering from a disease in which lifestyle change plays an essential role.

The aim of the article is also to outline the principle of modern education of diabetic patients aimed at strengthening the patient's responsibility and motivation. The patient's adherence to nutritional recommendations is markedly increased by clarification of the diabetes mechanism and explanation of the influence of regimen measures to the disease management, plus an individual approach to the patient.

Key words: *Diabetes mellitus, education, lifestyle, nutritional therapy*

Úvod

V březnu loňského roku proběhl v českých lékárnách průzkum, do kterého se aktivně zapojilo celkem 366 lékáren. Odborná kampaň nesla název „Diabetes... opravdu se mě to netýká?“ a formou dotazníkového šetření oslovila nejen pacienty s diabetem, ale i pacienty bez této diagnózy.

Celkový počet vyplněných dotazníků dosáhl počtu 37 566, z čehož 10 445 dotazníků bylo získáno od diabetiků

a 27 121 od nediabetiků. Mezi dotazovanými převažovaly ženy a nejhojněji zastoupenou věkovou skupinou byly osoby ve věkové kategorii 60+. Průzkum poskytl cenná data týkající se mimo jiné povědomí pacientů s diabetem i nediabetiků o zdravém životním stylu a uvádění teoretických poznatků z edukací do praxe. Tím zároveň poskytl i možnou zpětnou vazbu o dopadu současného způsobu edukací diabetiků v ČR. Mj. z něj vyplývá, že pravděpodobně vícekrát edukovaní pacienti s diabetem mellitem (DM) nemají zdravější životní styl ve srovnání s osobami bez diabetu. Děláme to tedy správně?

1. Výsledky průzkumu

Následující text je věnován stručnému rozboru odpovědí na vybrané otázky týkající se některých složek režimových intervencí u pacientů s diabetem. Výsledky průzkumu jsou doplněny o komentář shrnující současné poznatky v dané oblasti.

Kolikrát jste za poslední týden jedl(a) čerstvou syrovou zeleninu?

Z výsledků vyplývá, že ve skupině diabetiků konzumovalo v předchozím týdnu zeleninu každý den pouze 20% dotazovaných (25% žen a 15% mužů). Ve skupině nediabetiků to bylo 23% dotazovaných (28% žen a 16% mužů). V obou skupinách více než dvě třetiny dotazovaných konzumovaly v předchozím týdnu zeleninu méně než 4krát. Ve frekvenci konzumace čerstvé zeleniny je mezi skupinou diabetiků a nediabetiků jen minimální rozdíl. Ani u každodenních konzumentů zeleniny si navíc nemůžeme být jisti, že splňují doporučený denní příjem. Přestože je pacientům s diabetem konzumace zeleniny jistě opakovaně doporučována v rámci edukací, tato doporučení se jim zřejmě nedaří aplikovat do praxe. Důvodem může být i způsob, jakým je diabetik v této oblasti edukován. Zpravidla to bývá formou příkazu zeleninu konzumovat bez současného vysvětlení důvodu, resp. významu konzumace zeleniny a bez konkrétních praktických rad, jakým způsobem zeleninu do jídelníčku zařadit.

Jak v prevenci, tak i v terapii diabetu je konzumace zeleniny i ovoce důležitým opatřením vzhledem k vysokému obsahu

vlákniny a dalších účinných látek. Flavonoidy a antioxidanty obsažené v ovoci a zelenině napomáhají zmírnit oxidační stres, který je u diabetu považován za klíčovou příčinu rozvoje pozdních komplikací. Vlákna příznivě ovlivňuje výši postprandiální glykemie a inzulínovou senzitivitu. Strava bohatá na vlákninu má zpravidla nižší energetickou densitu a vede k zpomalení vyprazdňování žaludku, čímž podporuje redukci hmotnosti a snížení inzulínové rezistence. V rozsáhlé metaanalýze (Wang, 2016) bylo prokázáno, že vyšší příjem zeleniny, zejména žluté a košťálové (zelí, kapusta, květák, brokolice, kedluben), a ovoce, zejména bobulovitého, je spojen s nižším rizikem diabetu 2. typu.

Jak přibližně velkou část vašeho denního příjmu tekutin tvoří slazené nápoje?

Z výsledků vyplývá, že 38 % nediabetiků vůbec nepije slazené nápoje, naopak pouze slazené nápoje pije 3,8 % dotazovaných. Vzhledem k metodice výzkumu, kdy v nabízených možnostech nebylo široké spektrum odpovědí, se občasní konzumenti slazených nápojů mohli dostat do skupiny těch, kteří je nekonzumují nikdy. Dotazování byli navíc pouze probandi skupiny nediabetiků, což nás ochuzuje o velmi cenné srovnání se skupinou pacientů s DM. Zajímavým výsledkem však je, že dotazovaní denně konzumující čerstvou zeleninu výrazně častěji preferují neslazené nápoje (59%) ve srovnání s dotazovanými, kteří v předchozím týdnu nekonzumovali čerstvou zeleninu vůbec (26 %). Tento výsledek poukazuje na možný nový rozměr edukace. Doporučení pozitivního charakteru v podobě „navyšujte konzumaci zeleniny a ovoce“ by mohlo být efektivnějším v porovnání se zákazem slazených nápojů *per se*.

Slazené nápoje jsou dle současných poznatků spojovány se vznikem DM 2. typu. Jejich konzumace není podporována výživovými doporučeními a je spojována s rozvojem nadváhy a obezity. Ani konzumace ovocných džusů nemůže být považována za zdravou volbu, to se však netýká konzumace kusového ovoce, které naopak diabetikům nesmí být zakazováno.

Ve výsledcích studií sledujících vliv umělých sladidel na rozvoj DM 2. typu nepanuje shoda (Imamura, 2015), s velkou pravděpodobností však lze říct, že nebudou zdravou alternativou ke slazeným nápojům. Současně neexistuje spojitost mezi občasnou konzumací cukrem slazených nápojů (1 a méně drinků denně) a rozvojem diabetu. Ve většině výzkumů navíc není hodnocen vztah mezi stravovacím a pohybovým režimem v celé jeho komplexnosti. Je stěžejní pacienty upozornit na druhy tekutin, které jsou vhodnější pro dodržo-

vání pitného režimu, například vodu čistou nebo ochucenou kolečkem citronu či pomeranče, pár kusy bobulovitého ovoce či lístky máty peprné, neslazené čaje všech druhů střídavě, v menším množství různé druhy minerálních vod a ředěných 100% ovocných šťáv. Současně v pacientech nevzbuzujeme pocit selhání při konzumaci jedné porce slazeného nápoje. V nutričních doporučeních radíme odlišovat mezi běžnými nápoji oslazenými 1–2 kostkami cukru (4–10 g cukru) a nápoji s obsaženým HFCS (kukuřičným sirupem s vysokým obsahem fruktózy, násobným množstvím cukru). Konzumace vysokých dávek fruktózy v nápojích slazených HFCS je v současnosti spojována nejen s rozvojem obezity, ale i rozvojem a zhoršením kompenzace diabetu mellitu 2. typu. V této souvislosti opět upozorňujeme, že konzumace ovoce obsahuje fruktózu v doprovodu velkého množství vody a vlákniny a patří do pestrého jídelníčku diabetika.

Jak moc diabetes ovlivňuje váš život?

Z výzkumu vyplývá, že 47% pacientů s DM tzv. pouze „na dietě“ se necítí být přítomností svého onemocnění omezovalo. Nejvíce omezení vnímají pacienti léčení inzulinem nebo tabletami v kombinaci s inzulinem.

Zde narážíme na různé možnosti interpretace výše zmíněných dat. Lze říci, že pacienti aktuálně léčení pouze změnou stravovacích návyků, se cítí omezení nejméně právě proto, že nepřistoupili k žádné nebo minimální změně. Zčásti se může jednat o bariéry, které vytváří příliš striktní a rigidní systém současně edukace pacientů s DM (zákazy, příkazy).

Diskuze k výsledkům průzkumu

Dotazníkové šetření přináší riziko možného zkreslení ze strany respondentů. Vzhledem k tomu, že ne všichni respondenti odpověděli na jednotlivé otázky, i v tomto ohledu mohlo jistě dojít k určité míře zkreslení výsledných dat. Výsledky předkládaného výzkumu je nutné hodnotit v souvislostech, mj. právě v souvislostech výzkumného souboru. Průměrný věk dotazovaných byl v kategorii seniorů. Současně místo provádění dotazníkového šetření vymezilo velice specifickou část populace. To mohlo mít také vliv na výsledná data, především ve skupině nediabetiků, kteří sice neměli diabetes, ale mohli trpět jiným civilizačním onemocněním rovněž úzce souvisejícím s životním stylem. Výsledná data tedy nutně nemusí reflektovat nutriční a jiné zvyklosti populace jako celku.

Z některých výsledků dotazníkového šetření v lékárnách však zjišťujeme, že se pacienti s diabetem při potravních volbách výrazně, ne-li vůbec, neliší od nediabetické po-

pulace. Současně je patrné, že i nejlepší dosažené výsledky (např. 1× denně zeleninu konzumuje 20% diabetické a 23% nediabetické populace) jsou na hony vzdáleny výživovým doporučením ČR pro zdravou i diabetickou populaci (2–3 porce zeleniny/den).

2. Edukace diabetiků – děláme to správně?

Edukace je velice často zmiňovaný pojem a představuje důležitý článek terapie diabetu, jelikož kompenzace onemocnění do značné míry závisí na aktivním přístupu pacienta a jeho ochotě dodržovat navržená režimová a farmakologická opatření.

Konstruktivní otázka tedy zní, zda edukaci provádíme správně. Co si je schopen pacient s průměrnou inteligencí odnést ze 45minutového monologu ze strany zdravotníka? A co je navíc následně schopen aplikovat do každodenního života? Edukaci je vhodné směřovat do období diagnózy onemocnění, kdy je pacient zpravidla více motivován ke změně. Následovat by měly opakované reedukace vedoucí k upevnění znalostí a k podpoře motivace pacienta. Důvodů pro neexistující nebo malý rozdíl mezi aplikací nutričních doporučení do praxe u diabetické a nediabetické populace může být mnoho. Na vině může být nedostatečné povědomí, případně nedostatečné pochopení nutričních doporučení pacienty. Nestačí říct „omezte cukr a tuk“, neboť pacienti si většinou nedokáží představit, kde se zmiňované živiny přesně nacházejí, jaké potraviny mají do svého jídelníčku zařazovat a jaké méně.

Dalším úskalím může být lhostejnost k náplni edukace a nedostatečné pochopení reálných souvislostí. Zajímavý pohled a možné částečné vysvětlení značné imunity k dodržování režimových doporučení u pacientů s DM 2. typu přináší dílčí výsledky studie (Senadheera, 2016). Diabetici s nadváhou nebo obezitou si pouze v 60% případů připouštěli svoji nadváhu, potažmo obezitu. Další část diabetiků, ne zcela zanedbatelná, neznala ani přibližnou hodnotu své tělesné hmotnosti. Nemůžeme předpokládat, že pacient automaticky pochopí souvislost mezi výběrem sacharidů a ukazateli kompenzace DM (glykemie, glykemická variabilita, glykovaný hemoglobin). Edukace by měla zahrnovat vysvětlení podstaty vzniku diabetu, ale také objasnění mechanismu, jakým jednotlivá režimová opatření (strava, pohyb) ovlivňují kompenzaci onemocnění.

V podrobnějším zhodnocení jídelních zvyklostí v rámci studie FANTOM bylo zjištěno, že ani diabetici 2. typu dia-

gnostikovaní před méně než 3 roky nedodrží více zásady diabetické stravy v porovnání s těmi, kterým byl diabetes diagnostikován před více než 3 lety (Piecha, 2016; Kotková, 2017). Může se rovněž jednat o určitou míru frustrace pacienta zapříčiněnou přehnanými požadavky na rychlou a radikální změnu. Společně s nedostatkem motivace a důvěry ve vlastní schopnosti se spíše stane, že striktní a často nereálná nutriční doporučení pacienti nesplňují dostatečně nebo vůbec. Nepříznivým důsledkem je potom snižování adherence k režimovým opatřením obecně, prohlubování nedůvěry zdravotníka v pacienta a nárůst jeho skepse ohledně úspěšnosti režimu i u dalších pacientů s diabetem.

Edukace diabetika by tedy v žádném případě neměla být vedena formou monologu či přednášky s výčtem příkazů a zákazů, po nichž následuje předání rigidního předpisu redukční diabetické diety. S tímto modelem se však v mnoha ordinacích praktických lékařů, ale i na specializovaných diabetologických pracovištích bohužel často setkáváme.

3. Dělejme to SPRÁVNĚ!

Naproti tomu edukace vedená formou dialogu mezi zdravotníkem a pacientem se zdá být správným přístupem. Úprava stravy patří spolu s pohybovou aktivitou mezi základní nefarmakologické pilíře léčby diabetu. Přesto by veškeré změny životního stylu pacienta měly být postupné, přičemž k hlavnímu cíli mají vést jednotlivé cíle dílčí. Od pojmu dieta bychom měli raději upouštět, případně jej pacientovi vykládat v původním smyslu slova, tedy jako běžná strava, nikoli jako nepříjemné přechodné opatření. V poslední části článku je navrženo schéma nutriční edukace pacientů s DM 2. typu, které respektuje individualitu každého pacienta.

Zápis jídelníčku – nenahraditelný nástroj pro edukaci

Efektivní nástroj pro edukaci představuje záznam aktuálního jídelníčku provedený samotným pacientem. Zápis jídelníčku je jedinou jednoduše dostupnou metodou, která nám může poskytnout informace o aktuálních stravovacích zvyklostech, a umožní tak nastavit dlouhodobě udržitelný způsob stravování. Zcela zásadní je pacienta instruovat, jak správně má jídelníček zapisovat (tabulka č. 1). Pacient by měl mít ve zdravotníka důvěru, aby se nebál zapsat do jídelníčku skutečně všechno, co snědl a vypil.

Na co se v jídelníčku pacienta s DM zaměřit?

I u diabetiků 2. typu platí, že žádná potravina není zakázána, jde pouze o její množství, frekvenci konzumace a v neposlední řadě o způsob kulinární úpravy. Striktní omezová-

Tabulka č. 1: Pravidla pro sestavení správného stravovacího záznamu

Pravidlo	Důvod
1. Zapisovat vše okamžitě po konzumaci.	Pozdější záznamy vedou k podhodnocení příjmu stravy.
2. Zapisovat čas konzumace jednotlivých jídel.	Rozložení jídel během dne hraje důležitou roli.
3. Zapisovat glykemie před jídlem a po.	Umožní identifikovat vliv konkrétních pokrmů na vývoj glykemie po jejich konzumaci.
4. Zapisovat přesnou hmotnost konzumovaných potravin.	Při odhadech dochází k velkému podhodnocení porcí, v důsledku čehož mohou být výsledná doporučení neadekvátně přísná.
5. Zapisovat i nápoje.	Alkoholické i některé nealkoholické nápoje mohou obsahovat značné množství energie.
6. Zapisovat pocity a nálady při jídle (hlad, chuť, stres, radost, smutek).	Impulzy vedoucí ke konzumaci konkrétních potravin mohou ovlivnit následná nutriční doporučení, případně mohou poukázat na nezbytnost zapojení psychologa do léčebného postupu.
7. Zapisovat i místo konzumace a okolnosti.	Příležitosti ke konzumaci méně vhodných potravin a nápojů je mnoho (oslavy, návštěvy, pracovní akce, večerní posezení u televize), rozbor těchto situací s nutričním terapeutem, případně psychologem může být zásadní.

Zdroj: archiv autora

Tabulka č. 2: Přehled skupin potravin s diabetogenním potenciálem

Potravina	Diabetogenní působení
uzeniny	tuk, množství energie, sůl, AGEs
tučné maso	tuk, množství energie, kulinární úprava, AGEs
sušenky, cookies, krekry	tuk (nekvalitní), množství energie, AGEs
sýry s vysokým obsahem tuku	tuk, množství energie, AGEs
máslo, margaríny	tuk, množství energie, AGEs
majonéza	tuk, množství energie
spékané müsli	tuk, množství energie, AGEs

Zdroj: zpracováno dle Urribari, 2010

ní, či dokonce zákazy konkrétních skupin potravin nevedou z dlouhodobého hlediska k dobrému compliance diabetika. Stejně tak opakování obecných zásad racionální stravy není přínosné. Ideálním cílem je trvalá změna stravovacích návyků se zaměřením na potraviny s vysokou energetickou denzitou. Individuální nutriční konzultace s pacientem je cílena na konkrétní změny vycházející z rozboru jídelníčku. **Správný výběr sacharidů, omezení jednoduchých přidaných sacharidů a omezení tuku na normu (přibližně 30% celkového energetického příjmu/den), omezení diabetogenních a zařazení protektivních potravin jsou klíčovými nástroji k dosažení dlouhodobých**

žádoucích výsledků. Pacientovi je vhodné vysvětlit, že příjem sacharidů nemá na vznik a další vývoj diabetu podstatný vliv, z nutričního hlediska je důležitá spíše celková energetická hodnota stravy a přítomnost nadváhy nebo obezity. Příjem sacharidů ovlivňuje především okamžitý vývoj hladiny krevního cukru – aktuální hodnoty postprandiální glykemie, které se následně mohou odrazit v hodnotě glykovaného hemoglobinu. Je to ovšem nadměrný příjem tuků, který ovlivňuje vývoj DM 2. typu z dlouhodobého hlediska. Tuky významně navyšují celkovou energetickou denzitu stravy, přispívají tak k dalšímu nárůstu hmotnosti a působí toxicky na beta buňky pankreatu.

Tabulka č. 3: Protektivní potraviny v prevenci a léčbě DM 2. typu

Potravina	Pravděpodobně protektivní složky
ovoce a zelenina	vláknina, flavonoidy, polyfenoly, terpenoidy, karotenoidy, vitamin C
luštěniny	vláknina, nízký glykemický index
ovesné, ječné vločky	vláknina (beta-glukany)
ořechy, semena, rostlinné oleje	nenasycené mastné kyseliny, vitamin E
mořské ryby	omega-3 mastné kyseliny, vitamin D
obiloviny	vláknina, rostlinné bílkoviny
káva	černá káva bez cukru a mléka, antioxidanty
mléčné výrobky neslazené, zakysané	vápník, probiotika

Zdroj: zpracováno dle De la Iglesia, 2016

Diabetogenní potraviny

V jídelníčku pacienta bychom se tedy měli kromě výběru sacharidů zaměřit na příjem tuků a celkovou energetickou hodnotu stravy, kterou je třeba snížit. Jako diabetogenní či s diabetogenním potenciálem označujeme potraviny s prokazatelně negativním vlivem na rozvoj diabetu 2. typu či zhoršení jeho kompenzace. Jak bylo zmíněno výše, příjem cukru nemá na rozvoj diabetu přímý vliv. Jeho přívod v nadměrném množství však navyšuje celkový energetický příjem, a tím může přispívat k nadváze či obezitě.

Diabetogenně působí potraviny:

- s vysokou energetickou denzitou a nízkou nutriční hodnotou,
- s vysokým obsahem tuku, zejména živočišného původu,
- s vysokým obsahem AGEs (advanced glycation end products = konečné produkty glykace).

Z tohoto hlediska jsou nejvíce rizikové potraviny s vysokým obsahem živočišných tuků, především sekundárně zpracované maso (uzeniny, paštiky, sekaná, mletá a konzervovaná masa). Efekt jídla nemusí být určen pouze energetickou hodnotou potraviny či pokrmu. Důležitou roli hraje také způsob přípravy a zpracování potravin. Smažení a opékání za vysokých teplot není vhodné nejen vzhledem k množství použitého tuku, ale také proto, že při něm ve větší míře vznikají AGEs. Restrikce AGEs v jídelníčku diabetika 2. typu potom vede ke zlepšení inzulínové rezistence. Pro praxi se jeví výhodné snažit se v první řadě vyvážit příjem AGEs vyšším příjmem potravin s obsahem kvalitních sacharidů a nízkým obsahem živočišného tuku (zelenina, ovoce, brambory, celozrnné obiloviny, mléko a méně tučné mléčné výrobky).

Tyto potraviny naopak obsahují nízká množství AGEs, a to dokonce i po tepelné úpravě. Zejména ovoce a zelenina pak pro obsah antioxidantů působí též protektivním vlivem. V tabulce č. 2 uvádíme příklady potravin s nejvyšším obsahem AGEs.

Protektivní potraviny

V rámci pozitivního ladění nutriční edukace doporučujeme zařazovat co nejvíce potravin s prokázaným nebo vysoce pravděpodobným protektivním vlivem v prevenci a léčbě diabetu mellitu 2. typu (tabulka č. 3).

Sacharidy – jak vybírat kvalitně?

Prvním krokem k uspokojivé kompenzaci je orientovat se ve zdrojích sacharidů. Edukace nikdy neclíme izolovaně na sacharidy, jejich správný výběr je přesto stěžejní. Z praxe se ukazuje, že i pacienti s delší dobou trvání DM často mezi jednotlivými druhy sacharidů nerozlišují správně.

Diabetici mnohdy sacharidy chápou doslova jako zakázané ovoce. Sacharidy přitom mají představovat přibližně 50–55 % celkového denního příjmu energie, z čehož je zřejmé, že jejich vyřazení není vhodné. Základem pro správný výběr sacharidů je porozumění jejich jednotlivým druhům. Cílem zdravotníka je naučit pacienta vybírat správné zdroje sacharidů, ne je zakazovat.

Sacharidy dělíme podle délky řetězce na složené (*polysacharidy*) a jednoduché (*mono- a oligosacharidy*, označovány též jako cukry). Termíny sacharidy a cukry bývají mnohdy zaměňovány a mylně pokládány za totožné. Mezi přirozené sacharidové zdroje patří obiloviny, okopaniny, mléko a mléčné výrobky,

Tabulka č. 4: Názvoslovi a dělení sacharidů

Sacharidy složené (polysacharidy, komplexní sacharidy)	Jednoduché sacharidy (též označovány jako cukry)	
	•přírodní	•přidané
běžné pečivo (chléb, dalašánek, rohlík, houska), brambory, těstoviny, rýže, ovesné vločky, luštěniny	ovoce, neslazené mléčné a ovocné výrobky, některé druhy zeleniny	sladkosti, slazené mléčné a ovocné výrobky, jemné pečivo, slazené džusy

Zdroj: zpracováno dle Kasper, 2015, archiv autora

ovoce a v menší míře některé druhy zeleniny. Často rovněž chybí rozlišení mezi přírodními a přidanými jednoduchými sacharidy (tabulka č. 4). Typ a forma přijímaných sacharidů jsou určující pro pocit sytosti a příjem energie během dne. Z hlediska správné výživy doporučujeme většinu konzumovaných sacharidů pokrýt složenými s co nejvyšším podílem vlákniny – obilovinami a výrobky z nich (moukou, chlebem, těstovinami, rýží), bramborami, luštěninami, s co největším zastoupením celozrnných variant (více než 3 porce/den krýt celozrnnými a/nebo s vysokým podílem vlákniny).

Cukry a diabetes – jak se v nich vyznat?

V jídelníčku by však neměly chybět ani jednoduché sacharidy – mnohdy zbytečně proklínané cukry. Na tomto místě je však vhodné upozornit na podstatný rozdíl mezi cukry přírodními a přidanými (tabulka č. 4). Přírodní cukry se nacházejí v ovoci, v přírodních mléčných výrobcích, v menší míře i v některých druzích zeleniny a jsou nutnou součástí vyváženého jídelníčku. Naopak cukry přidané, obsažené ve slazených nápojích, mléčných výrobcích s příchutí, sladkostech, sladkém jemném a trvanlivém pečivu a dalších pochutinách nejsou vhodnou, natož nutnou součástí jídelníčku diabetiků ani zdravých osob.

Ovoce není zakázané ovoce

Ovoce má své legitimní místo i v jídelníčku diabetika. Neexistují klinická data o vzniku DM vlivem konzumace kusového, čerstvého ovoce. Pravidelná konzumace ovoce a zeleniny je naopak spojována se sníženým rizikem rozvoje DM 2. typu. Po zelenině je navíc ovoce nejméně energetickou potravinou. Přináší energii v podobě přírodních cukrů, je však současně zdrojem vlákniny, vitaminů, minerálních, stopových a antioxidačních látek.

Zákaz konzumace kusového ovoce nebo doporučení jeho příjmu pouze v dopoledních hodinách v žádném případě není *evidence based*, a je tedy více než příhodné edukaci pacienta

uzpůsobit. Neustálé upozorňování na nevhodnost konzumace ovoce ze strany zdravotníků vede v praxi ke strachu pacientů zařazovat tuto důležitou složku stravy do jídelníčku. Pacient potom paradoxně spíše než kus ovoce zařadí porci uzeniny s prokazatelně negativním vlivem na rozvoj, ale i kompenzaci onemocnění. Současně je úkolem edukátora upozornit na diametrální rozdíl mezi kusovým ovocem a výrobky z ovoce nebo pouze s jeho příchutí (sladkosti a výrobky s ovocnou příchutí, ovocné nápoje, dále doslazené přesnídávky, sladidlo fruktóza a výrobky z ní atd.). Při přetrvávající skepsi se nabízí využití měření glykemie po konzumaci přiměřeného množství kusového ovoce s cílem zjistit reálný vzestup postprandiální glykemie.

Vláknina

Denní doporučenou dávku vlákniny (25–30 g) je obtížné hradit pouze ovocem a zeleninou. Dalšími zdroji vlákniny, které by v jídelníčku diabetika měly být zastoupeny, jsou luštěniny (čočka, fazole, hrách, cizna), obiloviny (běžné pečivo, ideálně celozrnné, žitné nebo žitno-pšeničné, obilné vločky, pohanka, těstoviny, kuskus), brambory, ořechy a semena. K vyšší konzumaci vlákniny by mohla vést pozitivní doporučení v rámci edukaci diabetiků. Nelze však pacientovi předat pouze informaci, kolik ovoce, zeleniny, resp. vlákniny má za den přijmout. Důležité je pacientovi vysvětlit pozitivní aspekty konzumace ovoce a zeleniny, resp. vlákniny, bude tak více přístupný změně ve svém jídelníčku. Praktické tipy a možnosti, jak navýšit přísun vlákniny, vycházející z diskuze nad zapsaným jídelníčkem se v praxi ukazují jako neefektivnější (tabulka č. 5).

Denní četnost porcí

V poslední době se velice často diskutuje o počtu a rozložení jídel během dne a vlivu na redukci tělesné hmotnosti a kompenzaci DM 2. typu. Mnozí pacienti na základě obecného doporučení jíst 5–6krát denně přidávají dvě svačiny a druhou večeři, aniž by snížili množství energie přijímané během hlavního jídla. Zbytečně tak navýší denní energetický příjem a zákonitě i tělesnou hmotnost. Zajímavé je, že právě informaci o četnosti porcí si pacienti často zapamatují nejlépe. Z výsledků dotazníkového šetření v rámci studie FANTOM vyplývá, že jediná významná odlišnost ve stravovacích a režimových zvyklostech mezi diabetiky a nediabetiky je právě ve frekvenci jídel během dne. U diabetiků je konzumace 5–7 jídel denně častější než u nediabetiků (Piecha, 2016; Kotková, 2017).

Nejen ve světle novějších poznatků nelze v žádném případě rutinně doporučovat 5–6 denních jídel. Počet jídel je třeba

Tabulka č. 5: Příklady hlavních jídel s rozdílným obsahem vlákniny

Snídaně s malým podílem vlákniny	Snídaně s vysokým podílem vlákniny
rohlík 2 ks, trvanlivý salám 100 g	žitný chléb 80 g, gervais 80 g, rajče 100 g
2890 kJ/3,7 g vlákniny	1565 kJ/10 g vlákniny
koláček moravský 2 ks	ovesné vločky 70 g, banán 120 g, mléko 150 ml
1750 kJ/2,4 g vlákniny	1900 kJ/7,6 g vlákniny
Oběd/večeře s malým podílem vlákniny	Oběd/večeře s vysokým podílem vlákniny
hovězí maso 100 g, omáčka 150 ml, knedlík houskový 120 g	hovězí maso 100 g na mrkvi a hrášku 150 g, brambory 200 g
3090 kJ/1,7 g vlákniny	1720 kJ/11,3 g vlákniny
běžné těstoviny 70 g v syrovém stavu, brokolice 100 g, kuřecí maso 100 g, niva 30 g	celozrné těstoviny 70 g v syrovém stavu, brokolice 100 g, kuřecí maso 100 g, niva 30 g
2370 kJ/5,3 g vlákniny	2360 kJ/8,1 g vlákniny
rýže 150 g s kuřecím masem 80 g a zeleninou 50 g	fazole v rajčatové omáčce 250 g s volským okem 50 g
1613 kJ/2,1 g vlákniny	1330 kJ/11,3 g vlákniny

Zdroj: archiv autora, hodnoty vytaženy "http://www.kaloricketabulky.cz"

Tabulka č. 6: Druhy tuku a jejich potravinové zdroje

Druh tuku na základě složení mastných kyselin	Hlavní potravinové zdroje
nasyčené tuky	maso, sekundárně zpracované maso, mléko a mléčné výrobky, vejce, sádlo, máslo kokosový, palmový a palmojádrový tuk
trans-nenasycené tuky	hydrogenované oleje obsažené v trvanlivém a jemném pečivu, sušenkách s náplní, polevách, mražených krémech
nenasyčené tuky	rostlinné oleje, ořechy, semena, ryby

Zdroj: zpracováno dle Kasper, 2015, archiv autora

nastavit zcela individuálně na základě rozboru denního režimu pacienta.

Tuky – kvantita vs. kvalita

Vzhledem ke snaze o redukční charakter stravy se u pacientů s diabetem snažíme snižovat celkový příjem tuků přibližně na 30% z celkového energetického příjmu. Tuky hrají v rozvoji DM 2. typu zásadní roli, jelikož mají ze všech hlavních živin největší obsah energie, a přispívají tak významně ke vzniku nadváhy a obezity a prohlubování inzulínové rezistence. Kromě množství přijatého tuku se však zaměřujeme i na jeho kvalitu, resp. složení mastných kyselin. Stejně jako u sacharidů, i v případě tuků učíme pacienta s diabetem rozlišovat mezi jednotlivými druhy tuků a vysvětlujeme jejich možný účinek na vývoj diabetu a kardiovaskulární aparát. Nutriční doporučení mají směřovat k snížení konzumace nasycených tuků a jejich čas-

tečné náhradě tuky nenasycenými. Zvláštní pozornost je třeba věnovat potravinám s obsahem trans-nenasycených tuků, které spolu s nadměrným příjmem nasycených tuků významně podporují rozvoj aterosklerózy. Zjednodušené rozdělení na živočišné a rostlinné tuky pomůže v základní orientaci, ale nevymezí tuky, které sice mají rostlinný původ, ale jsou značně aterogenní (kokosový, palmový, palmojádrový tuk a trans-nenasycené tuky). Edukace pacienta s diabetem by opět měla zahrnovat výčet konkrétních potravin, ve kterých se jednotlivé druhy tuků nacházejí a na které se tedy má zaměřit (tabulka č. 6). Cílem je výběr živočišných produktů (masa, mléčných výrobků) s nižším obsahem tuku na straně jedné a mírné navýšení konzumace rostlinných produktů (oleje, ořechy, semena) a ryb na straně druhé.

Kompromisy, možnosti alternativ k hlavním jídlům

V klinické praxi se nejlépe osvědčuje jít cestou kompromisů vyplývajících z domluvy mezi zdravotníkem a pacientem. Diabetik je upozorněn na jednotlivé „rizikové“ položky v zapsaném jídelníčku a následně jsou mu nabídnuty jejich vhodnější alternativy (tabulka č. 7). Výsledkem je domluva několika změn malého rozsahu, které je diabetik ochotný akceptovat, a tedy schopen je dlouhodobě realizovat. Tyto změny vedou k snížení celkového energetického příjmu, redukci hmotnosti a zlepšení kompenzace diabetu.

Závěr

Hodnocený dotazník (Pallay, 2016) neobsahuje všechny otázky, např. konzumace ovoce, sekundárně zpracovaného masa u obou skupin nebo slazených nápojů pro srovnání i u skupiny diabetiků, které by jistě přinesly zajímavé výsledky. Dalším z při-

Tabulka č. 7: Příklad „rizikových“ potravin a jejich vhodnějších alternativ

Riziková potravina	Vhodnější alternativa
trvanlivý salám, párky, klobásy, paštika	libová šunka s vysokým obsahem čisté svalové bílkoviny
tvrdé sýry s obsahem tuku nad 45 % (hermelín, gouda, ementál, niva)	čerstvé sýry s obsahem tuku pod 30 % (cottage sýr, žervé, mozzarella light), olomoucké tvarůžky
sladké pečivo z listového těsta	puding, jogurt, tvaroh s ovocem
slané pečivo z listového těsta	tvarohové/jogurtové pomazánky se zeleninou, běžné pečivo
spékané müsli	sypané müsli s ovocem a ořechy
bramborové hranolky, krokety	pečené brambory
vepřová krkovička	vepřová kýta
čočka s párkem	čočka s vejcem

Zdroj: archiv autora

kladů by mohl být dotaz na subjektivní vnímání tíže onemocnění. Možná bychom se potom dozvěděli, že pacient s diabetem (2. typu) je obtížně edukovatelný proto, že své chronické one-

mocnění nevnímá jako závažné. Případně ne natolik závažné, aby jeho vlastní zodpovědnost nemohlo nahradit užívání tablet.

Přesto nám průzkum v lékárnách (Pallay, 2016) přináší v kombinaci s dílčími závěry dotazníkového šetření v rámci studie FANTOM (Piecha, 2016; Kotková, 2017) cenné poznatky o reálném dopadu našich edukací. Výsledkem edukace nevhodně zaměřené na izolované omezování sacharidů může být fakt, že diabetici nejedí ovoce, ovšem pravidelně konzumují sekundárně zpracované maso a výrobky z něj. Z výsledků studie FANTOM vyplývá denní nebo téměř denní konzumace masných výrobků víceméně shodně u více než 30% diabetiků i nediabetiků. U pacientů s delší dobou trvání DM (11 a více let) denně ovoce nekonzumoval nikdo (Piecha, 2016; Kotková, 2017).

Cílem textu bylo nastinit možnou podobu moderní edukace diabetika, kdy stěžejním článkem je samotný pacient. Ze strany zdravotníků se doporučuje volit méně direktivní přístup za současného přenosu značné části zodpovědnosti za vlastní zdraví na pacienta samotného. Rigidní způsob vedení dietních edukací diabetiků by tak měl být postupně nahrazován

individuálním rozbořením jídelníčku s využitím motivačních rozhovorů. Kombinací, která prokazatelně navyšuje motivaci a v dlouhodobém horizontu zlepšuje jídelní chování pacientů.

Mgr. Bc. Martina Daňková¹,

Mgr. Aneta Sadílková¹,

prof. MUDr. Štěpán Svačina, DrSc.¹,

MUDr. Gabriel Pallay, CSc.²

¹3. interní klinika Všeobecné fakultní nemocnice

a 1. LF UK v Praze

²Česká lékárna holding, a.s., Praha

e-mail: martina.dankova@vstj.cz

aneta.sadilkova@vstj.cz

Literatura

- De La Iglesia, R., Loria-Kohen, V., Zulet, M., Martinez, J., Reglero, R., & De Molina, A. R. (2016). Dietary Strategies Implicated in the Prevention and Treatment of Metabolic Syndrome. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(11), 1877. DOI: 10.3390/ijms17111877. ISSN 1422-0067.
- Imamura, F., O'Connor, L., Ye, Z., Mursu, J., Hayashino, Y., Bhupathiraju, S. N., & Forouhi, N. G. (2015). Consumption of sugar sweetened beverages, artificially sweetened beverages, and fruit juice and incidence of type 2 diabetes: systematic review, meta-analysis, and estimation of population attributable fraction. *BMJ*. 351 h3576. DOI:10.1136/bmj.h3576
- Kasper, H. (2015). *Výživa v medicíně a dietetika*. Praha: Grada.
- Kotková, K. (2017). *Srovnání dietních a režimových zvyklostí u diabetiků a nediabetiků* (Bakalářská práce). Univerzita Karlova, Praha, Česká republika.
- Pallay G, DM-kampaň (2016). *DM-kampaň dotazníkové šetření v řetězci lékáren ČESKÁ LÉKÁRNA HOLDING, a.s.* Nepublikovaná data.
- Piecha, R., Svačina, Š., Malý, M., Vrbík, K., Lacinová, Z., Haluzík, M., et al. (2016). Urine Levels of Phthalate Metabolites and Bisphenol A in Relation to Main Metabolic Syndrome Components: Dyslipidemia, Hypertension and Type 2 Diabetes. A pilot study. *Cent Eur J Public Health*, 24(4), 297–301.
- Senadheera, S. P., Ekanayake, S., & Wanigatunga, C. (2016). Dietary Habits of Type 2 Diabetes Patients: Variety and Frequency of Food Intake. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 1–6. DOI: 10.1155/2016/7987395
- Uribarri, J., Woodruff, S., Goodman, S., Cai, W., Chen, X., Pyzik, R., Yong, A., Gary, E., Striker, A., Vlassara, H. (2010). Advanced Glycation End Products in Foods and a Practical Guide to Their Reduction in the Diet. *Journal of the American Dietetic Association*, 110(6): 911-916.e12. DOI: 10.1016/j.jada.2010.03.018.
- Wang, P. Y., Fang, J. C., Gao, Z. H., Xie, S. Y., & Zhang, C. (2016). Higher intake of fruits, vegetables or their fiber reduces the risk of type 2 diabetes: A meta-analysis. *Journal of Diabetes Investigation*, 7(1), 56–69.

Sacharidy v potravinách

| Jana Dostálová

Ústav analýzy potravin a výživy, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

Summary

In the article, a review of carbohydrates, their classification from the point of view of food chemistry and Czech law and currently used terminology are described. The following is a list of food sources containing starch and sugars. The content of starch and amylose in individual sources is presented, and prevailing sugars and their amounts in sugar sources are further quoted.

Key words: *carbohydrates, sugars, food sources, content in food*

Úvod

Sacharidy patří spolu s bílkovinami a tuky mezi hlavní živiny. Jsou základní složkou stravy, podle výživových doporučení by měly tvořit 55–60 % denního příjmu energie a přednostně by měly být konzumovány sacharidy složené. Jednoduché sacharidy (cukry), které nejsou přirozeně obsaženy v potravinách (tzv. cukry přidané), mají dodávat pouze 10 % energie, tj. 50 g za den (Dostálová, Dlouhý & Tláškal, 2012). Toto množství je u naší populace překračováno téměř dvojnásobně, což má řadu nepříznivých vlivů na zdraví. Řada spotřebitelů nemá představu, jaká množství cukrů jsou obsažena v jednotlivých potravinách, a proto budou v textu uvedeny hlavní zdroje cukrů. Dalším problémem je, že řada spotřebitelů, někdy i odborníků, nezná dobře současnou terminologii sacharidů, zejména terminologii používanou v tabulce výživových hodnot, která je od 13. prosince 2016 povinně uváděna na obalech potravin. Pozornost bude tedy věnována i terminologii sacharidů dané legislativou.

1. Sacharidy a jejich klasifikace (třídění) z hlediska chemie potravin a legislativy

Sacharidy jsou složeny z tzv. cukerných jednotek. Podle počtu cukerných jednotek se sacharidy dělí na:

- *monosacharidy* – jedna cukerná jednotka – glukóza, fruktóza, galaktóza (v laktóze);
- *oligosacharidy* – obsahují 2–10 různých, nebo stejných cukerných jednotek: disacharidy – sacharóza, laktóza, maltóza; vyšší – rafinóza, stachyóza, verbaskóza aj.;
- *polysacharidy* – obsahují více než 10 cukerných

jednotek: využitelné – škrob, glykogen; nevyužitelné – celulóza, hemicelulózy, inulin, pektin, β -glukany, rostlinné gummy apod., které tvoří vlákninu (některé, např. pektin, inulin aj. jsou zčásti využitelné);

- *složené (komplexní) sacharidy* – obsahují i jiné sloučeniny, např. bílkoviny, peptidy, lipidy aj.

K sacharidům patří i alkoholické cukry (polyoly, cukerné alkoholy, alditoly, dříve také glycitoly) – sorbitol, mannitol, xylitol aj. (Velíšek & Hajšlová, 2009).

Monosacharidy a oligosacharidy se označují jako cukry, protože mají mnoho společných vlastností a často sladkou chuť.

Můžeme se ještě setkat i se zastaralými termíny pro sacharidy – karbohydráty, uhlohydráty a uhlovodany. Tyto termíny vznikly na základě jejich chemického složení z uhlíku, vodíku a kyslíku. V angličtině se stále používá termín „carbohydrates“, termín „saccharides“ se vyskytuje výrazně méně. U cukrů se ještě někdy setkáváme s termínem glycidy. V současnosti se dosud, zejména mezi lékaři, používá termín **cukry** pro **sacharidy**. Uváděním termínu cukry pro sacharidy dochází k problémům při čtení údajů na obalech potravin, především tabulky výživových hodnot. Pro správný výklad údajů na obalech je nutné znát legislativní terminologii pro sacharidy. Podle vyhlášky č. 450/2004 Sb., ve znění platných předpisů o označování výživové hodnoty potravin, se rozumí **sacharidem jakýkoliv sacharid, který je metabolizován člověkem**, včetně vicesytných alkoholů (polyolů, např. sorbitolu, mannitolu, xylitolu). Jako **cukry** jsou označovány všechny v potravině přítomné **monosacharidy** (např. glukóza, fruktóza) a **disacharidy** (např. sacharóza, laktóza, maltóza) bez polyolů. Na obalu v tabulce výživových hodnot je uveden obsah sacharidů ve 100 g/ml, případně v jedné porci. Dále je uveden obsah cukrů „z toho cukry“, kdy hodnota pro cukry je vždy menší, nebo stejná jako hodnota uvedená pro sacharidy. Mezi sacharidy se kromě cukrů počítá především škrob.

Tabulka č. 1: Obsah škrobu a amylozy v jejich významných zdrojích

Potravina	Škrob (%)	Amylóza (%)	Potravina	Škrob (%)	Amylóza (%)
pšenice	59–72	24–29	rýže	70–80	8–37
žito	52–57	24–30	amarant	48–69	0–22
ječmen	52–62	38–44	fazole*	46–54	24–33
oves	40–56	25–29	brambory	17–24	20–23
kukuřice	65–75	24–26	kassava	28–35	28–35

Zdroj: Velišek & Hajšlová, 2009

*Podobný obsah škrobu mají čočka a hrách, zelený hrášek (jedná se o luskovou zeleninu, nikoliv luštěninu) má asi 4% škrobu, sója obsahuje méně než 1% škrobu.

2. Energetická hodnota sacharidů a doporučení k příjmu

- Energetická hodnota sacharidů s výjimkou polyolů se počítá 17 kJ = 4 kcal,
- polyolů 10 kJ = 2,4 kcal,
- vlákniny 8 kJ = 2 kcal.

WHO doporučuje preferovat ve stravě polysacharidy, cukrů konzumovat denně maximálně 90 g, přidaných cukrů pouze 50 g (v budoucnu by se toto množství mělo snížit na 25 g (5% z denního energetického příjmu průměrného obyvatele). Z hlediska výživového je konzumace větších množství cukrů riziková. Při nedostatečném výdeji energie se ukládají ve formě tuku a mají další nežádoucí účinky. Nezanedbatelné nejsou ani kariogenní účinky cukrů. Vlákna je naopak pro organismus prospěšná a měli bychom zvýšit její příjem na 30 g za den.

3. Zdroje sacharidů v potravinách

3.1. Zdroje škrobu

Škrob je hlavním zásobním polysacharidem rostlin. Většina nativních škrobů je směsí amylozy a amylopektinu. Jejich poměr je ve škrobech různého původu různý. Obsah škrobu v jeho nejvýznamnějších zdrojích je uveden v tabulce č. 1.

Malá množství škrobu obsahují banány, jedlé kaštiny a různé ořechy. U potravin a pokrmů vyrobených z výše uvedených surovin je obsah škrobu závislý na surovinovém složení. Vzhledem k tomu, že nativní škroby mají řadu vlastností nevhodných pro výrobu většiny potravinářských výrobků, používají se převážně různým způsobem upravené škroby, tzv. modifikované škroby, které jsou označeny kódem E [nejedná se o škroby z geneticky modifikovaných surovin (GMO)].

V některých potravinách (starý chléb, v chladu skladované vařené brambory, kukuřičné lupínky, špagety) je obsa-

žen tzv. rezistentní škrob, který je nestravitelný a řadí se k vláknině. Představuje zhruba 1% přijímaného škrobu.

3.2. Zdroje cukrů

(Dostálová & Kadlec, 2014, Velišek & Hajšlová, 2009)

3.2.1. Cukry používané ke slazení nápojů a pokrmů:

- *cukr řepný (Beta vulgaris ssp. vulgaris) nebo třtinový (Sacharum officinarum) – sacharóza.* Jedná se o stejné chemické individuum, používání dražšího bílého třtinového cukru nemá žádný význam;
- *cukr přírodní (hnědý)* musí podle vyhlášky obsahovat nejméně 97,5% sacharózy. Hnědý cukr je doporučován jako zdravější varianta cukru bílého. Jeho význam ve výživě je však silně nadhodnocován, protože vyšší obsah minerálních látek je z hlediska výživového zanedbatelný. Pouze senzoričké vlastnosti jsou příjemnější. Více informací v nedávno publikovaném článku od Geblera, Dostálové & Kadlece (2017);
- *sirupy – glukózový, glukózo-fruktózový a fruktózo-glukózový* (liši se poměrem glukózy a fruktózy). Z hlediska výživového je používání sirupů stejné jako používání cukru. Rizikovější je používání sirupů s vyšším obsahem fruktózy vzhledem k jejímu negativnímu působení na metabolismus lipidů;
- *javorový sirup – ze šťávy javoru cukrodárného (Acer saccharum) – sacharóza;*
- *kokosový cukr – z kokosovníku ořechoplodého (Cocos nucifera) – z mízy sacharóza, z květů 45% fruktózy, inulin aj.;*
- *palmový cukr – ze šťávy palmy rodu Borassus – sacharóza;*
- *datlový cukr – z plodů datlovníku pravého (Phoenix dactylifera) – sacharóza;*
- *agávový sirup – fruktóza (cca 75%);*
- z dalších méně známých zdrojů.

Obsah cukrů u jednotlivých výrobků se velmi liší. Používání výše uvedených nových druhů sladidel je vysoce nadhodnocováno. Hlavní sladivá složka je, s výjimkou agávové-

ho sirupu, stejná jako u cukru řepného, pouze senzorické vlastnosti jsou pro většinu spotřebitelů příjemnější. Vysoký obsah fruktózy v agávovém sirupu je hodnocen z hlediska výživy negativněji než obsah sacharózy u jiných sladidel.

3.2.2. Potravinové zdroje cukrů

a) Potraviny živočišného původu:

- *med* – téměř 80 % cukrů (**fruktóza 38 %**, **glukóza 31 %**, maltóza, sacharóza aj.). Obsah necukerných složek (vitaminy, minerální látky aj.) je nízký a význam medu ve výživě je většinou nadhodnocován;
- *mléko* – **laktóza** 4,6 %;
- *kysané mléčné výrobky* – neochucené < 4,6 % **laktózy**, ochucené jogurty až 16 % (**laktóza**, **sacharóza**);
- *sýry* – podle stupně zralosti až téměř nulový obsah **laktózy**;
- *mražené krémy a zmrzliny* – velmi různý obsah téměř výlučně **cukru**.*

b) Potraviny rostlinného původu:

- *cukrovinky* – většina je složena téměř výhradně z **cukru**, **glukózového nebo maltózového sirupu**;
- *čokoláda a čokoládové bonbony* – obsah **cukru** závisí na obsahu kakaové sušiny, může být i vyšší než 50 %;
- *výrobky z obilovin* – cereální snídaně (i přes 30 % **cukru**), cukrářské výrobky, jemné pečivo, některé druhy trvanlivého pečiva (přes 30 % **cukru**);
- *ovoce* – 2,2 % (citrony) až 18 % (banány) – **fruktóza**, **glukóza**, **sacharóza**;
- *zpracované ovoce* – džemy, rosoly, marmelády, povidla, proslazené ovoce, sušené ovoce aj.; vysoký obsah cukrů – **sacharóza** (většinou jde o přidaný cukr), **fruktóza**, **glukóza**;
- *zelenina* – obsah velmi nízký, 0,33 % (špenát) až 4,73 % (mrkev), – **glukóza**, **fruktóza**, **sacharóza**.

c) Nealkoholické nápoje:

- *100% přírodní šťávy* – většinou 10 % cukrů (**fruktóza**, **glukóza** aj.), neobsahují přidaný cukr;
- *nektary, ovocné nápoje, kolové nápoje, limonády aj.* – většinou 10 % cukrů, převládá **přidaný cukr** – **sacharóza** (někdy **glukózo-fruktózové sirupy**).

d) Alkoholické nápoje:

- *pivo* – záleží na stupni prokvašení;
- *víno* – záleží na druhu vína, suché max. 0,4 %, sladké min 4,5 %, převládají **glukóza s fruktózou**;
- *lihoviny* – pravé likéry více než 10 % **cukru**, krémové likéry více než 25 % **cukru**.

* Podle české legislativy se termínem **cukr** v názvu potravinářského výrobku nebo jako součást surovinového složení výrobku uvedeného na obalu označuje pouze cukr řepný nebo třtinový. Jsou-li použity i jiné cukry, musí se uvést jejich název, např. fruktóza (cukr ovocný), dextróza (glukóza, cukr hroznový), maltóza (cukr sladový) apod.

Závěr

Sladká chuť je většinou lidí oblíbená (její obliba je člověku vrozena). V současnosti však příjem cukrů výrazně převyšuje doporučené dávky (sacharózy téměř dvojnásobně), a proto bychom měli jejich příjem výrazně omezit. Není nutné cukry zcela vyloučit, ale konzumovat potraviny s jejich nižším obsahem – je nutné sledovat v tabulce výživových hodnot údaj: sacharidy, z toho cukry.

prof. Ing. Jana Dostálová, CSc.

Ústav analýzy potravin a výživy,

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

e-mail: jana.dostalova@vscht.cz

Literatura

- Česko (2004). Vyhláška č. 450/2004 Sb., o označování výživové hodnoty potravin ve znění platných předpisů, částka č. 150/2004 Sb. Retrieved also from <https://www.zakonyprolidi.cz/print/cs/2004-450/zneni-20091001.htm>
- Dostálová, J., Dlouhý, P., & Tláškal, P. (2012). Výživová doporučení pro obyvatelstvo České republiky. *Výživa a potraviny*, 67, 80–82; Retrieved from <http://www.vyzivaspol.cz/vyzivova-doporuceni-pro-obyvatelstvo-ceske-republiky/>
- Dostálová, J., & Kadlec, P. (2014). *Potravinářské zbožíznalství*. Ostrava-Přívoz, Czech Republic: KEY Publishing s.r.o.
- Gebler, J., Dostálová, J., & Kadlec, P. (2017). Je hnědý cukr opravdu zdravější? *Výživa a potraviny*, 72, 78–80.
- Velišek, J., & Hajšlová, J. (2009). *Chemie potravin*. Tábor, Czech Republic: OSSIS.
- WHO (2017). Guidelines on nutrition [Publications] Retrieved from <http://www.who.int/publications/guidelines/nutrition/en/>

Náhrada cukru jinými sladidly

† Jana Dostálová

Ústav analýzy potravin a výživy, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

Summary

The list of sweeteners allowed in the Czech Republic is given and their properties are described.

Key words: *allowed sweeteners, sweeteners properties*

Úvod

Výživová doporučení ve všech průmyslově vyspělých zemích, včetně České republiky, obsahují již desítky let doporučení ke snížení spotřeby cukru (sacharózy). Přesto se jeho příjem nedaří snížit. V České republice se téměř nemění již od konce padesátých let a v současnosti je jeho spotřeba 33,6 kg/osoba/rok (ČSÚ 2017). Snížení spotřeby cukru je jedním z důvodů jeho náhrady jinými sladidly. Dalšími důvody jsou narůstající počet diabetiků a snaha nahradit cukr látkami s nekariogenními účinky. Důvody ekonomické, které byly prvními důvody náhrady cukru, ustupují v současné době do pozadí.

Problémy spojené s náhradou sacharózy

Náhrada sacharózy není tak jednoduchou záležitostí, jak by se na první pohled zdálo. Nelze zaměnit jedno sladidlo za druhé bez následné větší nebo menší změny kvality potraviny nebo pokrmu. Ani jedno z dosud objevených náhradních sladidel nemá vlastnosti totožné se sacharózou, která je chápána jako standard sladké chuti a některé technologické postupy při výrobě potravin a pokrmů jsou vázány na její přítomnost. Jedinou společnou vlastností všech sladidel je sladká chuť, která se ovšem co do kvality i intenzity může značně lišit. Ostatní fyzikální, chemické a fyziologické vlastnosti mohou být značně odlišné. Jsou to především:

- nedostatečná zdravotní nezávadnost (nízké ADI, tj. nízké maximální povolené množství látky zkonsumované za den vyjádřené v mg na kg tělesné hmotnosti);
- nepříjemná příchut' (zejména hořkost) a nevhodný časový profil vjemu sladké chuti (např. dlouhé doznívání sladkosti v ústech);
- nedostatečná plnost chuti, zejména u nápojů;

- nízká hmotnost a malý objem sladidla potřebného pro dosažení požadované intenzity sladké chuti;
- nízká sladivost sladidel ze skupiny alkoholických cukrů (sorbitol, xylitol aj.);
- poměrně vysoký obsah energie u alkoholických cukrů;
- nepříznivé technologické vlastnosti, především špatná rozpustnost ve vodě;
- neschopnost náhradních sladidel podléhat reakcím neenzymového hnědnutí, které podmiňují žluté až hnědé zbarvení pečiva a vznik látek, které jsou nositeli jeho charakteristické vůně a chuti (výjimku tvoří fruktóza, kde naopak reakce neenzymového hnědnutí probíhají příliš intenzivně a pečivo je příliš tmavé);
- nepřítomnost konzervačních vlastností;
- malá stabilita při pH a teplotách používaných při výrobě a skladování potravin a pokrmů;
- nežádoucí reakce s ostatními složkami přítomnými v potravinách;
- vysoká cena (Davičková & Dostálová, 1991).

Sladidla povolená v České republice a jejich bezpečnost

Od roku 1879, kdy Remsen a Fahlenberg objevili náhodně sacharin, byla syntetizována, nebo izolována z přírodních materiálů celá řada sladidel. Většina z nich se však z různých důvodů nepoužívá. V České republice jsou podle vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č. 4/2008 Sb., ve znění pozdějších předpisů, a dle nařízení komise (EU) č. 1129/2011 povolena následující sladidla:

Sladidla energetická:

- E 420 Sorbitol
- E 421 Mannitol
- E 953 Isomalt
- E 965 Maltitol
- E 966 Laktitol
- E 967 Xylitol

Sladidla neenergetická (intenzivní):

- E 950 Acesulfam K
- E 951 Aspartam

- E 952 Kyselina cyklamová a její sodná a vápenatá sůl
- E 954 Sacharin a jeho sole
- E 955 Sukralóza
- E 957 Thaumatin
- E 959 Neohesperidin DC
- E 960 Steviol-glykosidy
- E 961 Neotam
- E 962 Sůl aspartamu-acesulfamu
- E 968 Erythritol
- E 969 Advantam

Podle nařízení Evropské unie se pro tyto látky nesmí používat termín náhradní sladidla, ale pouze sladidla. Termín „náhradní“ je podle výrobců potravin, které tato sladidla obsahují, diskriminující a evokuje náhražku, a ne plnohodnotný výrobek.

Sladidla uvedená ve vyhlášce se používají buď jako náhrada sacharózy v potravinářských výrobcích, nebo jako tzv. stolní sladidla (většinou ve formě tablet nebo prášku pod různými obchodními názvy) ke slazení kávy a čaje. Na etiketě každého potravinářského výrobku i stolního sladidla musí být uveden buď chemický název sladidla, nebo jeho kód E, u stolních sladidel ve formě tablet nebo prášku i doporučení nepřekračovat konzumaci určitého množství za den. U potravinářských výrobků nesmí výrobce v receptuře překročit tzv. maximální množství sladidla, které je dáno zákonem a je odvozeno od ADI a průměrné spotřeby příslušné potraviny. Při obvyklé spotřebě jednotlivých druhů potravin tedy nebezpečí z nepříznivého vlivu při předávkování sladidel nehrozí. Než dojde k povolení používání sladidla, je sladidlo podrobeno řadě hygienicko-toxikologických testů, a tudíž informace o negativních účincích sladidel, které se objevují v médiích, jsou neopodstatněné. V poslední době je vedena negativní kampaň proti aspartamu. Při odbourávání aspartamu v organismu sice vzniká metylalkohol, ale jeho množství je ve srovnání s množstvím, které vzniká při metabolismu pektinu (jedna ze složek vlákniny obsažené v ovoci a zelenině), zanedbatelné.

Poté, co se, především v médiích, objevily informace o negativních účincích aspartamu, Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA) provedl nové posouzení jeho bezpečnosti. EFSA přijal stanovisko, ve kterém opětovně potvrdil bezpečnost aspartamu. Obavy spotřebitelské veřejnosti z konzumace aspartamu však zůstaly, a proto Úřad pro bezpečnost potravin ve Velké Británii zahájil novou studii zaměřenou na aspartam (EFSA, 2012). Konečné stanovisko k bezpečnos-

ti aspartamu vydala EFSA 5. 12. 2013, ve kterém označila aspartam za bezpečný a potvrdila ADI 40 mg/kg tělesné hmotnosti/den (EFSA, 2013).

Zdravotní riziko představuje aspartam pro osoby nemocné fenylketonurií, a proto musí být na všech výrobcích obsahujících aspartam uvedeno upozornění „nevhodné pro osoby s fenylketonurií, obsahuje zdroj fenylalaninu“. Při použití sorbitolu musí být uvedeno, že „konzumace větších množství působí projímavě“. V praxi se nejčastěji setkáváme se sorbitolem, steviol-glykosidy, aspartamem, acesulfamem K a sacharinem.

Vzhledem k tomu, že každé z uvedených sladidel má proti sacharóze určité nedostatky, používají se sladidla většinou ve směsích, které tyto nedostatky do určité míry odstraňují. Přesto dosud ideální náhrada sacharózy nebyla objevena a nedá se předpokládat, že by k tomu v blízké budoucnosti mohlo dojít.

Stručná charakteristika nejvíce používaných sladidel

(Davidková & Dostálová, 1991; Velišek & Hajšlová, 2009)

Sacharin je nejstarší syntetické sladidlo a do nedávné doby sladidlo nejpoužívanější. Relativní sladivost je cca 300× vyšší než sladivost cukru a jeho energetická hodnota je nulová. Sladká chuť je doprovázena hořkou a kovovou příchutí, kterou negativně pociťuje asi třetina populace. Je možno ji potlačit používáním sacharinu ve směsích, většinou s cyklamáty. Je to sladidlo stabilní i při vyšších teplotách, a proto má široké použití při výrobě potravin a přípravě pokrmů. Přesto, že je po dlouhá léta povolen v řadě zemí, je stále diskutována jeho zdravotní nezávadnost, a proto je i hodnota ADI nízká. Jedná se o sladidlo poměrně levné.

Cyklamáty byly náhodně objeveny až v r. 1937. Zdravotní nezávadnost cyklamátů byla několikrát zpochybněna, a proto se střídala období jejich zákazu s obdobími, kdy byly povoleny. Výhrady k tomuto sladidlu plynou hlavně z toho, že jeho sladivost je pouze 20–30× vyšší než sladivost cukru, a musí se proto používat ve vyšších množstvích. Má mnohem lepší chuťové vlastnosti než sacharin. Používá se zejména ve směsích s jinými sladidly.

Aspartam patří mezi syntetická sladidla, i když se skládá ze dvou aminokyselin – kyseliny asparagové a fenylalaninu, které jsou běžně přítomny v bílkovinách. Je to nejčastěji používané sladidlo v řadě zemí. Přesto jsou k jeho

používání výhrady a jeho bezpečnost se neustále zkoumá (viz výše). Sladivost je 100–200× vyšší než sladivost cukru. Sladká chuť není doprovázena příchutí, ale dostává se později a jako u většiny intenzivních sladidel déle přetrvává. I když se skládá z metabolizovatelných aminokyselin, je jeho energetický přínos, vzhledem k používaným množstvím, prakticky nulový. Nevýhodou je jeho malá stabilita při vyšších teplotách a mimo oblast optimálního pH. V současnosti jsou k dispozici také formy, které jsou stabilní i při teplotách používaných při pečení.

Acesulfam K je syntetické sladidlo s nulovou energetickou hodnotou. Sladivost má přibližně stejnou jako aspartam. Nemá výrazné příchuti a sladká chuť nastupuje okamžitě. Je tepelně stabilní. Je proto vhodný pro řadu potravinářských výrobků. Používá se většinou ve směsích s jinými sladidly.

Sukralóza má nulovou energetickou hodnotu a její sladivost je 600× vyšší než sladivost sacharózy. Sladká chuť sukralózy je velmi podobná chuti sacharózy, je bez nepřijemných pachutí, ale s delším odezníváním, než je u sacharózy nebo jiných běžně užívaných sladidel. Je tepelně stabilní. Sukralózu lze použít do celé řady potravinářských výrobků, většinou ve směsích s dalšími sladidly. Sukralóza se prodává rovněž jako stolní sladidlo. Ze sladidel, která mohou být používána ve výrobcích v ČR, se právě sukralóza zatím nejvíce podobá „ideálu“ nízkoenergetického sladidla.

Steviol-glykosidy byly v EU povoleny až v roce 2011, i když jsou známy již mnoho let (nebyly povolené z důvodů možných hormonálních účinků, předpokládaných na základě podobnosti části jejich molekuly se steroidními hormony). Získávají se extrakcí listů jihoamerického keře *Stevia rebaudiana* Bertoni. Sladivost závisí na obsahu jednotlivých glykosidů a pohybuje se v rozmezí 200–300násobku sladivosti sacharózy. Čistota sladké chuti závisí na čistotě extraktu, většinou je bez příchutí, ale v pokrmeh se může objevit v důsledku chemických reakcí i chuť hořká. Sladidlo je dobře rozpustné ve vodě a je tepelně i pH stabilní. ADI bylo stanoveno na 4 mg na kg tělesné hmotnosti za den a legislativně jsou pro různé potraviny povolena různá maximální množství.

Sorbitol patří mezi sladidla energetická, i když jeho energetický obsah je nižší než energetický obsah sacharózy. Vyskytuje se v přírodě, ale vyrábí se synteticky. Jeho sladivost je však zhruba poloviční, a proto se většinou používá ve směsích s intenzivními sladidly. Výhodou je, že je tepelně stabilní a dodává výrobku potřebnou hmotnost a texturu.

Xylitol a manitol patří ke stejné skupině chemických sloučenin jako sorbitol, a proto mají podobné vlastnosti. Nemají kariogenní vlastnosti, a proto se používají zejména ve žvýkačkách.

Závěr

Závěrem je možno shrnout, že náhrada sacharózy jinými sladidly má v určitých případech nesporně pozitivní význam. Z potravinářských výrobků je jednoznačně nejpřínosnější náhrada sacharózy v nealkoholických nápojích, kde představuje výrazné snížení energetického příjmu vzhledem ke konzumovaným množstvím nápoje. Rovněž používání alkoholických cukrů ve žvýkačkách je přínosné z hlediska prevence zubního kazu. Nelze však předpokládat, že pouze náhradou sacharózy jinými sladidly lze předejít obezitě a dalším neinfekčním onemocněním hromadného výskytu. Praktickou ukázkou toho, že používání náhradních sladidel nezabrání výskytu obezity, jsou USA, kde i při výrazném nárůstu spotřeby náhradních sladidel došlo k nárůstu počtu obézních osob. V současné době se navíc diskutuje možnost zvýšení rizika vzniku diabetu mellitu 2. typu a obezity při používání náhradních sladidel (Suez et al., 2014).

prof. Ing. Jana Dostálová, CSc.

Ústav analýzy potravin a výživy,

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

e-mail: jana.dostalova@vscht.cz

Literatura

- Český statistický úřad (n.d.). Retrieved from <http://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-potravin-2015> [cit. 14. 5. 2017]
- Davidková, E., & Dostálová, J. (1991). *Náhrada cukru jinými sladidly*. Praha, Czech Republic: ÚVTIZ.
- Dostálová, J., Dlouhý, P., & Tláskal, P. (2012). Výživová doporučení pro obyvatelstvo České republiky. *Výživa a potraviny*, 67, 80–81.
- EFSA (n.d.). Retrieved from <http://www.efsa.europa.eu/en/press/news/111124a.htm> [cit. 11. 7. 2012]
- EFSA (n.d.). Retrieved from <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/3504.htm> [cit. 30. 12. 2014]
- Suez, J., et al. (2014). Artificial sweeteners induced glucose intolerance by altering the gut microbiota. *Nature Published*. DOI:10.1038/nature.13793
- Velišek, J., & Hajšlová, J. (2009). *Chemie potravin*. Tábor, Czech Republic: OSSIS.

Nutriční hodnocení dietní vlákniny

Metody *in vitro* a *in vivo* pro stanovení kvality dietní vlákniny

| Alena Tichá, Radomír Hyšpler, Zdeněk Zadák

Centrum pro výzkum a vývoj, Fakultní nemocnice Hradec Králové

Summary

The health effects of dietary fibre in civilisation disease prevention are predominantly dependent on soluble fibre fermentation and the amount of insoluble fibre. The article reviews available methods for nutritional quality assessment of dietary fibre *in vivo* and *in vitro*. A suitable and non-invasive methodological approach is the determination of hydrogen and methane concentration in expired breath.

Key words: dietary fibre, anaerobic fermentation, breath tests

Úvod

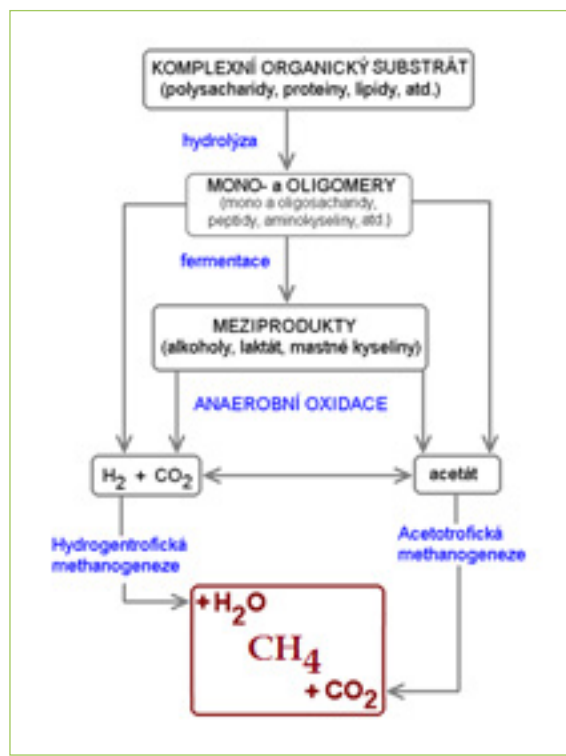
Vláknina a její účinky na lidský organizmus jsou předmětem zájmu již po delší dobu. Nutriční kvalita vlákniny závisí na fermentaci rozpustné vlákniny v tlustém střevě, což ovlivňuje typ a množství podané vlákniny a především i bakteriální osídlení střeva. Vlivy rozpustné – fermentabilní a nerozpustné – nefermentabilní vlákniny se vzájemně doplňují. Anaerobní fermentaci v tlustém střevě vznikají jednoduché látky plyného charakteru, především vodík a metan, které lze stanovit ve vydechaném vzduchu.

Obsah vlákniny je stanovován převážně gravimetrickými, enzymatickými, kolorimetrickými nebo popřípadě chromatografickými metodami (Knudsen, 2001). Enzymaticko-gravimetrické metody stanovení částečně simulují degradaci v gastrointestinálním traktu za použití enzymů α -amylázy, amyloglukosidázy a proteinázy (Šejblová, 1993; Tichá, 2003).

Anaerobní biologické procesy zahrnují děje směřující ke snížení obsahu organických látek, které se biologicky rozkládají v anaerobním prostředí. Mikroflóra tlustého střeva je zastoupena z 99,9% bakteriemi anaerobními. Dietní vláknina, která dosáhne tlustého střeva, podléhá

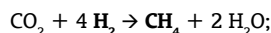
fermentaci bakteriální flórou a vznikají SFCA, CO_2 , H_2 , CH_4 . Organické látky jsou degradovány pomocí aerobních a anaerobních biochemických procesů. Proces zahrnuje několik fází (obrázek č. 1). Nejprve nastává hydrolyza na jednoduché sloučeniny, kterými jsou monosacharidy, organické kyseliny atd. Následuje přeměna organických monomerů za pomoci acidogenních bakterií (*Bacteroides*, *Clostridium*, *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Enterobacter*) (Fernandes, 2000). Další fází je pak autogeneze, kdy pomocí

Obrázek č. 1: Fáze anaerobní fermentace



Zdroj: upraveno dle Tichá, 2003

bakterii *Syntrophobacter* či *Syntrophomonas* vznikají vodík, oxid uhličitý a kyselina octová (Boone, 1985). Závěrečným krokem je metanogeneze, kdy probíhá metanizace kyseliny octové acetotrofními metanogenními bakteriemi:



z rovnice vyplývá, že dochází k výrazné redukci objemu plynů v lumen střeva (Tichá, 2003).

Metodiky nutričního hodnocení vláknin

Stanovení fermentace dietní vlákniny *in vitro*

Principem této metody je fermentace vzorku vlákniny v roztoku pufru pomocí inokula (např. bakterií obsažených v exkrementech laboratorního potkana) a kvantitativní změření produkce vznikajícího plynu. Experiment je koncipován vždy v porovnání s vlákninou fermentabilní, tj. pektinem, a nefermentabilní, tj. celulózou. Rovněž je stanovováno pH před zahájením a po ukončení experimentu, vzhledem k tomu, že snížení pH v tlustém střevě je prospěšné pro zvýšení absorpce minerálních látek (hořčík, vápník či železo), zamezení putrefakčním procesům a ovlivnění produkce butyrátu s ohledem na její energetický vliv na epitel sliznice kolon. K provedení fermentace *in vitro* jsou potřeba stopové prvky a pufr. Vodný roztok stopových prvků obsahuje železnaté, manganaté, zinečnaté, kobaltnaté, nikelnaté, měďnaté a molybdenanové kationty ve formě síranů či chloridů. Roztok pufru obsahuje bikarbonát a hydrogenuhličitan sodný, dále pak chlorid sodný a draselný a močovinu. Výsledné pH roztoku pro fermentaci je 7,8. Do roztoků se přidá testovaná vláknina (400 ml roztoku stopových prvků a pufru s 800 mg vlákniny). Probubláváním oxidem uhličitým se pH upraví na 6,8. Přidá se inokulum a při teplotě 37 °C se měří vznikající plyn nad hladinou nasyceného roztoku NaCl v 500ml odměrném válci v definovaných intervalech (Zadák, 2010; Rummney, 1992). Výsledek pro pektin, celulózu a doplněk stravy (komerční vlákninu) je uveden v tabulkách č. 1 a 2 a na obrázku č. 2.

Dechové testy

V dechu člověka je přítomna, kromě původních složek vzduchu, i řada těkavých látek exogenního (ze stravy či vdechnutím z okolního prostředí) a endogenního, především metabolického původu. Prokázání přítomnosti či kvantifikace těchto látek může přinést řadu cenných informací. Monitoring některých látek například umožní sledovat metabolické procesy v lidském organismu, a zjistit tak informace o možnostech jejich ovlivnění či stanovení metabolických poruch. Produkty metabolických procesů jsou však přítom-

Tabulka č. 1: Produkce plynů během fermentace vláknin *in vitro*

Čas (h)	Potravinový doplněk (produkce plynů - ml)	Pektin (produkce plynů - ml)	Celulóza (produkce plynů - ml)
0	0	0	0
1,5	30	80	0
3,5	30	150	0
7,5	210	200	0
13	220	240	0
24	220	260	0
Srovnání:	84,6 %	100 %	0 %

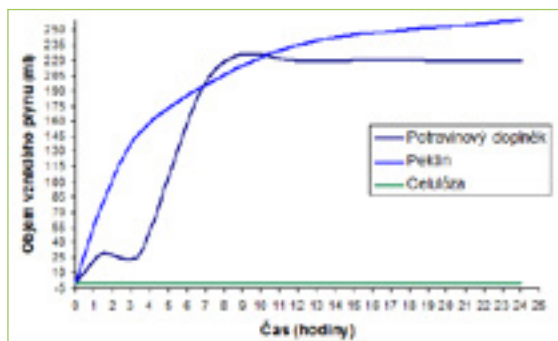
Zdroj: archiv autora

Tabulka č. 2: Změna pH před fermentací vláknin *in vitro* a po ní

Vláknina	pH před	pH po	pokles
potravinový doplněk	7,57	6,84	0,73
pektin	7,33	6,68	0,65
celulóza	7,65	7,6	0,05

Zdroj: archiv autora

Obrázek č. 2: Grafické znázornění produkce plynů při fermentaci vláknin v systému *in vitro*



Zdroj: archiv autora

ny ve velmi nízkých koncentracích a základním problémem odběru vydechovaného vzduchu je fakt, že v dýchacích cestách, především v bronchiolách, je vzduch obměňován difúzí v koncentračním spádu. Je třeba tedy počítat při odběru vydechovaného vzduchu s tzv. mrtvým prostorem dýchacích cest. Způsob odběru vydechovaného vzduchu má klíčový význam na kvantifikaci látek v dechu. Způsob odběru vydechovaného vzduchu je praktikován buď otevřeným systémem, kdy je vdechován běžný vzduch z okolí a vý-

dechy jsou shromažďovány slámkou do zkumavek (např. detekce *Helicobacter pylori* – s ^{13}C močovinou) (Kocna, 2006), nebo tzv. uzavřeným systémem. Uzavřený systém je založen na vdechování vzduchu (prostého bez stanovovaných látek) přes dýchací masku či náustek a vydechovaný vzduch je jímán do sběrného vaku či speciálně zkonstruovaného plynojemu (obrázek č. 3). Vlastní analýzy se pak provádí metodou elektrochemickou, či detekcí hmotnostním spektrometrem atd. Interpretace výsledků z dechových testů je pak obtížnější než u hodnot z krve, kdy objem krve je udržován konstantně. Objem vydechovaného vzduchu se mění v závislosti na mnoha podmínkách (fyziologická aktivita, stres atd.) a těkavé látky mají krátký biologický poločas a reagují velmi rychle na aktuální změny v organizmu. Hlavní výhodou vyšetřování dechovým testem je jeho neinvazivita. Nevýhodou pak aplikační potenciál a omezené možnosti kvantifikace (Gasparič, 2004). Dechové testy jsou v současné době stále více uplatňovány ve funkční diagnostice (jako diagnostický doplněk v gastroenterologii), mnoha klinických aplikacích a výzkumech.

Minoritními látkami ve vydechovaném vzduchu jsou například oxid dusnatý, vypovídající o napětí hladké svaloviny v dýchacích cestách, nebo oxid uhelnatý, pocházející z degradace tetrapyrrolového kruhu z hemoglobinu. Dále lze v dechu identifikovat další těkavé organické látky, které vznikají v organizmu, například metan nebo vodík z rozkladu reziduálních částí stravy v tlustém střevě. Vlákna je degradována mikroorganismy tlustého střeva. Těto biologické přeměny podléhá cca 70% polysacharidů vlákniny. Využitelnost je odlišná od typu vlákniny, např. pektin 65–97%, guarová guma 76%. Konečnými produkty metabolizace jsou, kromě plynů, využitelné nižší mastné kyseliny, čímž se získá energie kolem 3 kJ.g-1 sacharidu, oproti 17 kJ.g-1u škrobu (Segal, 1988). Plynné produkty anaerobní fermentace v živém organizmu jsou částečně vylučovány do vydechovaného vzduchu.

Metan ve vydechovaném vzduchu

Stanovení metanu ve vydechovaném vzduchu lze aplikovat i v klinické praxi, kdy vysoké koncentrace metanu bývají příčinou syndromu slepé kličky, či nekrotizující enterokolitidy, tj. bakteriální invaze do tenkého střeva, dále pak nárůst metanu v dechu provází malabsorpce (syndrom krátkého střeva, laktázová deficience, apod.) (McKay, 1985; Tichá, 2003). Metan je v tlustém střevě produkován v závislosti na osídlení střeva metanogenními bakteriemi ($> 10^8$ metanogenních bakterií / 1 g suché stolice, tj. především *Metanobrevibacter Smithii*) a na dietních zvyklostech (Fernandes, 2000). Metan

Obrázek č. 3: Odběr vydechovaného vzduchu: vlevo odběrový vak, vpravo nerezový plynojem – vydechovaný vzduch je jímán přes náustek, který se užívá pro dechové testy; vak je napojen vrapovanými hadicemi



Zdroj: archiv autora

není produkován u novorozenců a dětí, výskyt produkce roste s věkem. V naší populaci je 40–70% jedinců (tzv. metanoproducentů), kteří jsou schopni tvořit metan v tlustém střevě. Metan v dechu je stanovován pomocí analyzátorů (např. MicroFID, Photovac, Perkin Elmer – obrázek č. 4, atd.) nebo separační metodou plynové chromatografie s plamenoionizační detekcí (Tichá, 2003).

Stanovení metanu v dechu lze využít rovněž k definování transit time (tj. dobu průchodu potravy gastrointestinálním traktem) pro daného člověka a jeho schopnosti využít dietní vlákninu. Metodika určení transit time spočívá ve stanovení bazální koncentrace metanu v dechu, v aplikaci testované vlákniny a v monitoringu koncentrace metanu v dechu po dobu 3–4 hodin. Velikost vzniklého píku nárůstu koncentrace metanu v dechu naznačuje podíl fermentovatelnosti vlákniny ve střevě. Plocha pod píkem může být použita jako jedno z kritérií při hodnocení fermentovatelnosti dietní vlákniny *in vivo*. Jako srovnávací vlákna pro porovnání ostatních typů vláknin je často užívána

lékopisná vláknina laktulóza (Tichá, 2003). Na obrázku č. 5 je uveden transit time pro 2 pacienty po aplikaci 20 g laktulózy. Produkce metanu je definována množstvím produkce plynů ve střevě, tj. anaerobní fermentací v tlustém střevě, a tím i nutriční kvalitou podané dietní vlákniny pro daného pacienta.

Dietní vláknina je rovněž známa svým snižujícím vlivem na koncentraci žlučových kyselin, z čehož vyplývá, že žlučové kyseliny inhibují metanogenezi. Nárůst příjmu dietní vlákniny u metanoproducentů podporuje metanogenezi i nižší koncentraci žlučových kyselin (Fernandes, 2000).

Vodík ve vydechovaném vzduchu

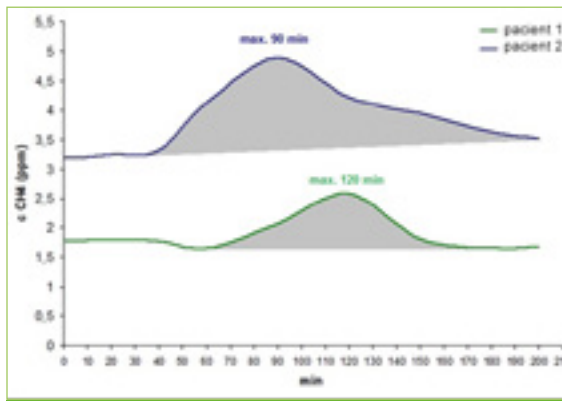
Významným regulačním faktorem anaerobního procesu je vodík, který je důležitým produktem fermentace již v počátečních stádiích rozkladu. Reguluje skladbu kyselin produkovaných ve fázi acidogeneze a jejich rozklad ve fázi acetogeneze (Ermler, 1997). Z přijímané potravy odolá digesti a absorpci 10–20% oligo- a polysacharidů (Levitt, 1987). Při fermentačních experimentech bylo zjištěno, že vodík je produkován fermentací glukózy v množství 80 mmol/g. Při hladovění produkce vodíku klesá k velmi nízkým koncentracím (Hammer, 1993). Výše uvedený průběh fermentace v lidském tlustém střevě může účinně probíhat pouze za nízkého parciálního tlaku vodíku. Vyšší parciální tlak vodíku by účinně inhiboval acidogenní a acetogenní fázi fermentace. Vodík je proto průběžně metabolizován tzv. hydrogenotrofními mikroorganismy. Mezi tyto organismy patří reduktivní acetogeny, metanogenní archebakterie (viz výše) a sulfát redukující bakterie. Reduktivní acetogeny jsou zodpovědné za metabolizaci největšího podílu vznikajícího vodíku. Tyto bakterie syntetizují acetát z oxidu uhličitého a vodíku. Do této skupiny jsou zařazovány bakterie z rodu *Ruminococcus*, *Clostridium* a *Streptococcus* (Dore, 1995). Z výše uvedeného vyplývá, že zásadní vliv na produkci vodíku v tlustém střevě má podíl vlákniny v dietě. Bakteriální fermentaci může být metabolizováno až 75% přijaté dietní vlákniny. Suplementace dietní vlákninou je tak nejfyziologičtější cestou zvýšení produkce vodíku v lidském organismu. Vodík, který vzniká fermentací v tlustém střevě a není dále bakteriemi spotřebován, může být eliminován flatulencí nebo expirací. Na chemickém složení střevních plynů se velmi výrazně podílí fyziologie hostitelského organismu. Většina oxidu uhličitého, kolem 30–40% vodíku a stejný podíl metanu, jsou absorbovány hostitelským organismem a zbylá část vodíku je částečně bakteriálně metabolizována nebo s ostatními plyny vyloučena flatulencí (Christl, 1992). Množství vylučovaných střevních plynů bylo zkoumáno fyziology už v 19. století (Ruge, 1861).

Obrázek č. 4: Analyzátor MicroFID – stanovení metanu v dechu; pacient vdechuje běžný vzduch, má běžně užívané kyslíkové brýle a vydechovaný vzduch je kontinuálně monitorován analyzátořem



Zdroj: archiv autora

Obrázek č. 5: Transit time po aplikaci laktulózy u dvou pacientů, monitoring koncentrace metanu v dechu; u pacienta 1 je kratší transit time a plocha pod píkem vyprodukovaného metanu je vyšší; pacient 2 má delší transit time a menší produkce množství metanu



Zdroj: upraveno dle Tichá, 2003

Následující studie se shodly na průměrném množství vylučovaných střevních plynů 350–650 ml/den (Steggerda, 1968), z čehož 7% představuje metan a 20% plynný vodík. Zároveň byl zaznamenán vliv dietní vlákniny na množství vylučovaného střevního plynu, kdy aplikace luštěnin, jako dominantního podílu diety, zvýšilo množství vylučovaného střevního plynu na 4,2 l/den. Po aplikaci laktulózy lačnicím dobrovolníkům s minimální produkcí střevních plynů bazálně byla zaznamenána produkce 50–200 ml/6 hod po požití 12,5g laktulózy. I když to zdánlivě odporuje zdravému rozumu, exkrece vodíku flatulencí je minoritní eliminační cestou, odstraňující přibližně 15–20% vodíku vzniklého v lidském organismu. Naopak expirace je jedinou známou cestou eliminace absorbovaného vodíku z gastrointestinálního traktu a je takto eliminová-

no 30–40% vzniklého vodíku (Christl, 1992). Rozvoj plynové chromatografie v 60. letech 20. století umožnil detekci nízkých koncentrací vodíku ve vydechovaném vzduchu v rozsahu 1–200 ppm (*parts per milion*) (Levitt, 1968). Studiumi bylo zjištěno, že koncentrace vodíku ve vydechovaném vzduchu jsou nižší u metan vydechujících osob ve srovnání s non exkretory metanu (metanoneproducenty) (Bjorneklett, 1982). Za fyziologických okolností je vodík v detekovatelných koncentracích přítomen ve splachnických orgánech v rozsahu odpovídajícím portálnímu řečišti. Do těchto orgánů se dostává krevním transportem z tlustého střeva nebo přímou difuzí v břišní dutině. Jedná se především o orgány gastrointestinálního traktu a játra. Po opuštění jater je krev obohacena vodíkem kompletně očištěna již při svém prvním průchodu plicemi. To je způsobeno velice nízkou koncentrací vodíku ve vnější atmosféře. Bakteriální fermentace dietní vlákniny v tlustém střevě proto nemůže být využita jako zdroj vodíku pro periferní tkáň.

Závěr

Dietní vláknina je významná nutriční komponenta pro udržení správné funkce a obnovy kolonocytů ve střevní sliznici. Preventivní vliv na vznik řady civilizačních onemocnění tlustého střeva má především fermentace rozpustné dietní vlákniny v součinnosti s vlákninou nerozpustnou. Nutriční kvalitu dietní vlákniny lze zhodnotit metodou stanovení metanu či vodíku ve vydechovaném vzduchu. Touto metodou je hodnocena fermentovatelnost jednotlivých druhů vláknin *in vivo*, jak je prezentováno v tabulkách a obrázcích. Tento faktor je třeba vzít v úvahu při vytváření dietetických doporučení. Výše popsanými metodikami lze hodnotit fermentovatelnost jednotlivých druhů vláknin, čímž je oblast aplikací dechových testů dále rozšířena na hodnocení kvality nutričních doplňků.

RNDr. Mgr. Alena Tichá, Ph.D.,
MUDr. Radomír Hyšpler, Ph.D.,
prof. MUDr. Zdeněk Zadák, CSc.
Centrum pro výzkum a vývoj,
Fakultní nemocnice Hradec Králové
e-mail: alena.ticha@fnhk.cz

Literatura

- Bjorneklett, A. & Jenssen, E. (1982). Relationships between hydrogen (H₂) and methane (CH₄) production in man. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, 17, 985–992.
- Boone, D. R. (1985). Fermentation reactions of anaerobic digestion. In: Paul, N., Ouellette, R. P. (Ed.). *Biotechnology applications and research*. USA, Penn., Lancaster: Technomic Publishing Co.
- Dore, J., et al. (1995). Enumeration of H₂-utilizing methanogenic archaea, acetogenic and sulfatereducing bacteria from human feces. *FEMS Microbiology Ecology*, 17, 279–284.
- Ermiler, U., Grabarse, W., Shima, S., Goubeaud, M., & Thauer, R. K. (1997). Crystal structure of methyl-coenzyme M reductase: the key enzyme of biological methane formation. *Science*, 278, 1457.
- Fernandes, J., Rao, A. V., & Wolever, T. M. S. (2000). Different substrates and methane producing status affect short-chain fatty acid profiles produced by in vitro fermentation of human feces. *Human Nutrition and Metabolism*, 130, 1932–1936.
- Fernandes, J., Wolever, T. M. S., & Rao, A. V. (2000). Interrelationships between age, total dietary fiber intake and breath methane in humans. *Nutrition Research*, 20, 929.
- Gaspárič, J., Hyšpler, R., & Tichá, A. (2004/5). Vydechovaný vzduch a poruchy metabolismu - analýza těkavých látek v dechu. *Vesmír*, 83, 283.
- Hammer, H.F. (1993). Colonic hydrogen absorption: quantification of its effect on hydrogen accumulation caused by bacterial fermentation of carbohydrates. *Gut*, 34, 818–822.
- Christl, S. U., Murgatroyd, P. R., Gibson, G. R. (1992). Production, metabolism and excretion of hydrogen in the large intestine. *Gastroenterology*, 102, 1269–1277.
- Knudsen, B. K. E. (2001). The nutritional significance of dietary fibre analysis. *Animal Feed Science and Technology*, 90, 3–20.
- Kocna, P. (2006). Dechové testy – moderní, neinvazivní diagnostika. *Interní medicína*, 2006, 7 a 8, 336–341.
- Levitt, M. D., Hirsh, P., Fetzer, C. A., Sheahan, M., & Levine, A. S. (1987). H₂ excretion after ingestion of complex carbohydrates. *Gastroenterology*, 92, 383–389.
- Levitt, M. D., & Ingelfinger, F. J. (1968). Hydrogen and methane production in man. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 150, 75–81.
- McKay, L. F., Eastwood, M. A., & Brydon, W. G. (1985). Methane excretion in man: A study of breath, flatus and faeces. *Gut*, 29, 69–74.
- Ruge, E. (1861). Beitrag zur kennness der darmgase (German). *Sitsber Kaiserlichen Akad*, 44, 739.
- Rummney, C. J., & Rowlnad, I. R. (1992). In vivo and in vitro models of the human colonic flora. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 32, 4, 299–231.
- Segal, L., Walker, A. R. P., Lord, S., & Cummings, J. H. (1988). Breath methane and large bowel cancer risk in contrasting African populations. *Gut*, 29, 608–613.
- Steggerda, F. R. (1968). Gastrointestinal gas following food consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 150, 57–66.
- Šejblová, J. (1993). Stanovení obsahu hrubé vlákniny – obecná metoda - ČSN ISO 5498. Praha: Český normalizační institut.
- Tichá, A., Hyšpler, R., Zadák, Z., Indrová, M., Hyšplerová, L., Churáček, J., & Gaspárič, J. (2003). Dietní vláknina a její vlivy na lidský organizmus. *Klinická biochemie a metabolismus*, 11(32), 27–31.
- Tichá, A., Hyšpler, R., Zadák, Z., Indrová, M., Hyšplerová, L., Churáček, J., & Gaspárič, J. (2003). Nutriční a analytické hodnocení dietní vlákniny – stanovení metanu ve vydechovaném vzduchu. *Klinická biochemie a metabolismus*, 11(32), 32–36.
- Zadák, Z., Tichá, A., Hyšpler, R., & Jurašková, B. (2010). Význam dietní vlákniny ve stáří. *Česká geriatrická revue*, 8, 4.

Vláknina v naší stravě

| Martin Staněk

Centrum pro poruchy metabolismu a výživy, Praha 1

Summary

Dietary fibre is represented by a diverse group of plant polysaccharides, which differ by the chemical structure and also by physical and chemical characteristics. In plants, they participate in the building of tissues and cell membranes. Some dietary fibre also provides mechanical protection of plants and their seeds or stores energy. They are generally included under the terms indigestible carbohydrates and lignin. To this day, there is no general consensus of what is included in this group and what is not. This may cause problems in declaring fibre content in food, in the analytical method of identification, and the interpretation of studies. A large number of studies are focused on the effects of dietary fibre on the digestion process and metabolism in the human body. The results are often interpreted on the basis of experiments on animal models, and the studies and conclusions have various results. Despite a number of ambiguities, misstatements, and questionable scientific opinions, the European Union recently published nutritional claims for dietary fibre that could be used on consumer food product packaging.

Key words: dietary fibre, non-starch polysaccharides, nutritional claims

1. Vlákna potravy a její složení

Na konci třicátých let minulého století se britský biochemik Alexander R. P. Walker rozhodl přestěhovat do Jižní Afriky, aby pracoval v laboratořích, které analyzovaly ko- nečné produkty lidského metabolismu.

Zanedlouho si začal uvědomovat určité rozdíly mezi analyzovaným materiálem původního afrického obyvatelstva, bílých obyvatel a obyvatel žijících ve městech v „moderním stylu“. Strava původních obyvatel obsahovala mnohem méně energie, málo tuků a bílkovin a velké množství balastních látek. Denní příjem vlákniny se pohyboval okolo 20–35 gramů, u některých obyvatel dosáhl i více než 100 g.

V padesátých letech minulého století začal Dr. Walker

publikovat epidemiologické studie, které poukazovaly na extrémně nízký výskyt gastrointestinálních onemocnění u původního obyvatelstva, jako jsou zánět slepého střeva, střevní polypy, či rakovina tlustého střeva, ale i srdečně cévních onemocnění nebo také pozoruhodně nízký výskyt zlomenin krčku stehenní kosti u žen po 40. roce života, či zubního kazu u dětí, přestože tito obyvatelé měli velmi nízký příjem vápníku. Díky těmto poznatkům z Afriky se začalo o rostlinných polysaccharidech hovořit jako o důležité složce lidské stravy. Byly publikovány stovky a stovky studií, které buď potvrdily, nebo vyvracely tvrzení, že vlákniny mohou předejít tomu či onomu onemocnění. V nich se také objevovaly různé názory, které rostlinné látky je možné pod pojem dietní vláknina zahrnout a které již ne.

Přijetí jasné definice, která vysvětluje, co vše budeme do pojmu „vlákna potravy“ zahrnovat, je nezbytné pro správné kvantitativní stanovení vlákniny v potravě a její deklarování na obale výrobku. Je také nutné pro aktuálně správný výpočet energetické hodnoty potravin. Evropský úřad pro kontrolu a bezpečnost potravin (EFSA) se v roce 2010 usnesl, že pod pojem vláknina potravy se budou zahrnovat nestravitelné sacharidy a lignin. Za vlákninu potravin jsou dle EFSA považovány tyto látky:

- **neškrobové polysacharidy** – celulóza, hemicelulózy různého chemického složení, pektiny, hydrokoloidy (gumy, slizy, glukany),
- **rezistentní oligosacharidy** – fruktooligosacharidy (FOS), galaktooligosacharidy (GOS), ostatní rezistentní oligosacharidy,
- **rezistentní škrob** – fyzikálně nepřístupný škrob (který je součástí buněčných stěn a není přístupný enzymové hydrolýze), některé druhy nativních škrobových zrn, jejichž struktura nepodléhá enzymovému štěpení (pokud nejsou vystavena

tepelnému zpracování), retrogradovaná amyloza (která po předchozím zahřátí a následném ochlazení přestane být v termodynamické rovnováze a mění se její struktura a reologické vlastnosti), fyzikální cestou modifikované škroby (kdy působením tepla a za úpravy pH dojde k dezintegraci granulí a následně depolymeraci),

- **lignin** (přirozeně propojený s rostlinnými polysacharidy).

Nařízení Evropského parlamentu a rady (ES) č. 1169/2011 pak uvádí, že „vlákninou“ se rozumějí uhlovodíkové polymery s třemi nebo více monomerními jednotkami, které nejsou tráveny ani vstřebávány v tenkém střevě lidského organismu a náleží do těchto kategorií:

- jedlé uhlovodíkové polymery přirozeně se vyskytující v přijímané potravě,
- jedlé uhlovodíkové polymery, které byly získány z potravinových surovin fyzikálními, enzymatickými nebo chemickými prostředky a které mají prospěšný fyziologický účinek prokázaný obecně uznávanými vědeckými poznatky,
- jedlé syntetické uhlovodíkové polymery, které mají prospěšný fyziologický účinek prokázaný obecně uznávanými vědeckými poznatky.

Poněkud širší představu, co tvoří vlákninu potravy, má například American Association of Cereal Chemists, která na svých webových stránkách uvádí přehled polysacharidů a některých dalších přírodních látek pevně na nich vázaných. Tato představa lépe vystihuje složité vazebné poměry v rostlinných tkáních a reálněji vystihuje, které látky z přirozené stravy tvoří její nestavitelnou část. Je otázkou, zda bylo z výživového hlediska nutné opouštět termín „balastní látka“, který se dříve v některých zemích používal na obalech výrobků. Měl určitě svůj racionální smysl a domnívám se, že stanovení obsahu balastních látek by nakonec mohlo být u většiny běžných potravin a pokrmů přesnější než stanovení obsahu vlákniny. Nelze se totiž domnívat, že obsah vlákniny u technologicky neupravených potravin, které přirozeně vlákninu ve větším množství obsahují, je neměnný a stále stejný. Přehled byl autorem článku doplněn o oligosacharidy luštěnin:

neškrobové polysacharidy a rezistentní oligosacharidy

- celulóza,
- hemicelulózy (arabinoxylany, arabinogalaktany),
- polyfruktózy (inulin, oligofruktózy),

- oligosacharidy luštěnin ze skupiny rafinóz (rafinóza, stachióza, verbaskóza),
- galaktooligosacharidy,
- gumy,
- slizy,
- pektiny,
- rezistentní škrob, který se neštěpí amylázami;

analogy sacharidů

- nestavitelné dextriny (rezistentní dextriny z kukuřice, brambor či jiných plodin),
- syntetické sacharidy (polydextróza, metylcelulóza, hydroxypropylcelulóza);

lignin,

tj. složky doprovázející komplexy neškrobových polysacharidů a ligninu v rostlinách

- vosky, fytáty, kutin, saponiny, suberin, taniny.

2. Funkce vláknin v rostlinném organismu

Rostlinné polysacharidy, které považujeme za vlákninu potravy a které běžně konzumujeme, plní v rostlinách zejména tyto hlavní funkce:

2.1. *zásobní*, kdy slouží jako budoucí zdroj energie (k tomuto účelu se nacházejí v semenech, hlízách, cibulích, kořenech apod.),

2.2. *stavební či strukturní*, jsou nepostradatelné pro koňčnou architekturu buněčných stěn a rostlinného těla,

2.3. *ochrannou*, kde se na povrchu rostlinných částí a semen podílejí na ochraně proti mechanickému poškození tkání i případnému průniku infekce.

Fyzikálně-chemické vlastnosti vlákniny, které mohou ovlivňovat trávicí pochody v lidském těle

Některé vlákniny tvoří s vodou homogenní, termodynamicky stálé roztoky, vyznačující se Faradayovým-Tyndallovým efektem, pomalou difuzí částic a slabým osmotickým tlakem. Částice vykonávají Brownův pohyb. Neprocházejí membránami a podle velikosti sedimentují v centrifuze. Jiné jsou koloidními vodnými roztoky makromolekul navzájem poutaných mezimolekulárními silami. Tím dochází k zvýšení viskozity roztoku a za určitých podmínek dojde k tvorbě makromolekulárních gelů. Vzájemné propojení vody a polysacharidů může vytvářet termodynamicky nestálé struktury, které připomínají vlastnosti pevného tělesa. Vlákniny tvoří

s vodou newtonovské soustavy, kdy jejich zdánlivá viskozita závisí nejen na smykové rychlosti, ale také na čase silového namáhání. Neplatí to ale vždy. Například arabská guma má při vysoké koncentraci nízkou viskozitu a 25% roztok je při 20 °C newtonovskou soustavou. V každém případě míra schopnosti určité vlákniny vytvářet různě viskózní roztoky a gely má určitý dopad na proces trávení potravy, na fyziologické pochody, které s ním souvisejí, i jejich hormonální regulaci. Vedle kovalentních vazeb, které váží jednotlivé sacharidové jednotky, se hojně uplatňují elektrostatické vazby mezi elektricky nabitými ionty. Jsou tedy iontovými vazbami pevně spojujícími vlákninové makromolekuly nejen s minerálními látkami, ale i dalšími organickými strukturami. Tyto organické struktury, často vázány i kovalentně (např. kyselina ferulová), jsou běžnou součástí nečistot, které jednotlivé izolované vlákniny ve větší či menší míře obsahují (obrázek č. 1). Mohly proto ovlivňovat výsledky některých studií, které se zabývaly jejich vlivem na lidský či zvířecí organizmus. Ze studií je často jasně patrné, že na ně nebyl brán žádný zřetel. Proto nebývá ani správně specifikována použitá denní dávka vlákniny a dostatečně popsány její hlavní fyzikálně-chemické vlastnosti. Jak v rostlinném těle, tak v trávicím ústrojí dochází k uplatnění i dalších chemických vazeb v podobě vodíkových můstků nebo jen sil Van der Waalových či jiných mezimolekulárních sil.

Chemická odolnost, schopnost vytvářet s vodou v trávicím ústrojí více či méně viskózní roztoky a gely, schopnost vázat některé výživné a cizorodé látky jsou hlavními vlastnostmi, kterými vlákniny v potravě mohou ovlivňovat naše zdraví. Vzájemná interakce s vodou pak ovlivňuje technologické procesy při výrobě potravin, jejich texturu, chuť a trvanlivost.

3. Rozdělení vlákniny podle jejího obecného chování vůči vodě

Vlákniny jsou polymerními či oligomerními sloučeninami rozmanitého množství cukerných jednotek a jejich chemickou odolnost ovlivňují i postranní řetězce, které často utvářejí. Mohou být tvořeny, s výjimkou koncových jednotek, monomery, častěji se ale skládají z molekul dvou a více různých monosacharidů, či jejich derivátů. Mezi ně patří glukuronové kyseliny a jejich estery, či deoxycukry. Řetězce sacharidů mohou být lineární (celulóza, pektiny), nebo lineární s postranním větvením (arabinoxylany). Vlastnosti polysacharidů ovlivňuje i stereochemické uspořádání vodíkových atomů na uhlíkovém skeletu. Relativně nepatrný rozdíl v chemické struktuře vede k rozdílným možnostem

prostorového uspořádání, mění se vazebné možnosti i chování vůči vodě. To pak má dopad i na rozdílnou odolnost proti trávicím enzymům a hydrolytickým změnám. Dobře si to uvědomíme, srovnáme-li vlastnosti škrobu a celulózy, u kterých je „jen“ rozdílné stereochemické uspořádání vodíkových atomů na prvním a na čtvrtém atomu uhlíku.

4.1. Nerozpustná vláknina

4.1.1. *Celulóza* je nerozšířenější polysacharid na zemi. Její lineární řetězec může obsahovat i 10 000 glukózových jednotek. Jiné jednotky neobsahuje, a je tedy homoglukanem. Změnu jejího chování vůči vodě lze docílit alkylací primárních alkoholických skupin. Tím dojde k porušení mezimolekulární soudržnosti. Takto se připravuje etylcelulóza, karboxymethylcelulóza, které se používají jako přídavné látky.

4.1.2. *Hemicelulózy* jsou v přírodě zastoupeny pestrou skupinou polysacharidů, které nejsou, na rozdíl od celulózy, složeny pouze z glukózových jednotek a převládají v nich jiné sacharidové jednotky. Propojují celulózové mikrofibrily mezi sebou. Na rozdíl od celulózy, která vytváří architekturu primární buněčné stěny rostlinné tkáně, jsou hemicelulózy vlastně pružným tmelem mezi celulózovými vlákny. Nerozpustnými hemicelulózami ve vodě jsou třeba xylany a β -glukany v aleuronové vrstvě pšeničného zrna.

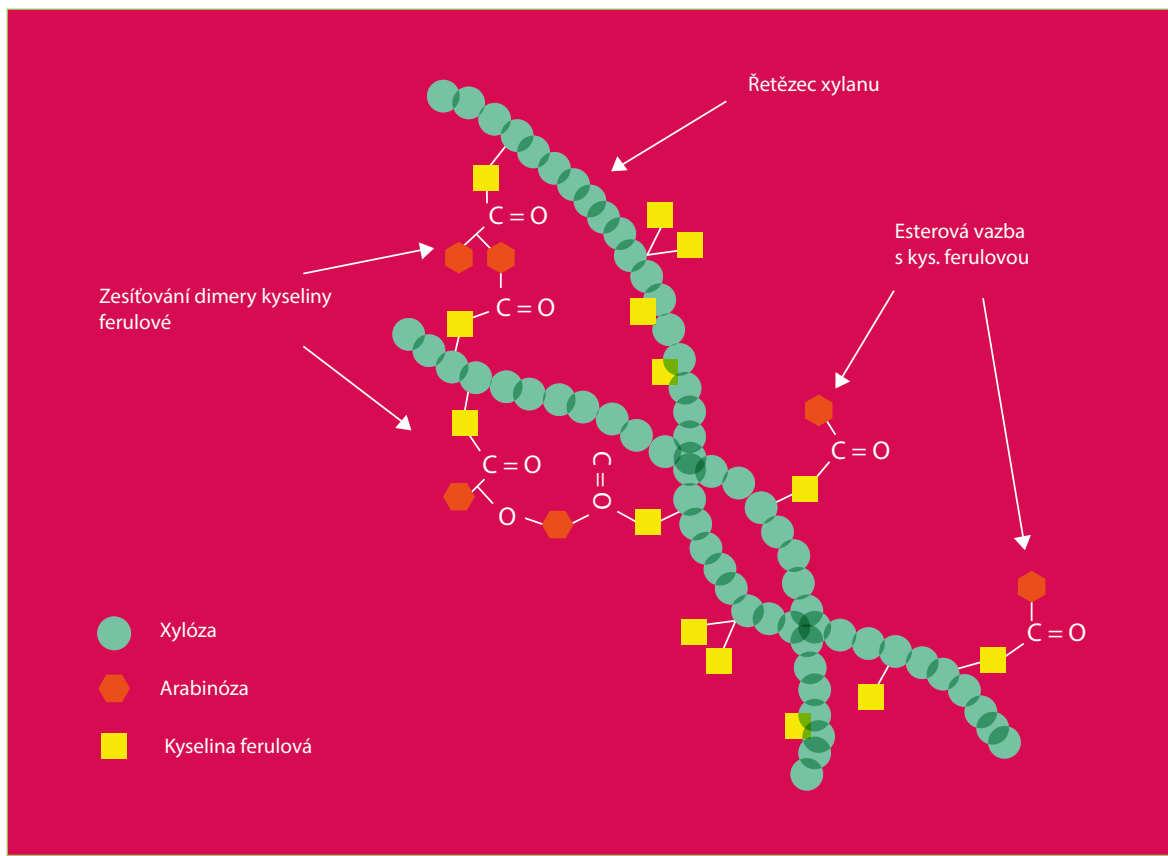
4.2. Rozpustná vláknina běžně zastoupená v naší stravě

4.2.1. *Pektiny* jsou tvořeny lineárním řetězcem D-galakturonové kyseliny spojeným vazbami α -(1→4). Tyto jednotky galakturonové kyseliny jsou esterifikovány metanolem asi ze 70%. Dále mohou být acetylovány v poloze C-2 a C-3. Volné karboxylové skupiny pak bývají často neutralizovány některými kationty (vápník, hořčík). Struktura pektinů je ale ještě mnohem rozmanitější. Tvoří amorfni matrix a střední lamelu buněčné stěny, v níž jsou uloženy celulózové mikrofibrily a hemicelulózy (Velíšek, 1999).

4.2.2. *β -glukany* jsou zčásti rozpustnou a zčásti nerozpustnou vlákninou potravy. Jak název napovídá, jsou vytvářeny glukózovými jednotkami, které jsou spojeny vazbami β -(1→3), β -(1→4)-D. Vyskytují se často i se smíšenými vazbami. Vyšší houby syntetizují β -glukany β -(1→3), β -(1→6)-D. Čím více je v molekule vazeb β -(1→4)-D, tím více klesá rozpustnost ve vodě. Nejvíce rozpustné jsou polymery obsahující asi 30% vazeb (1→3) a 70% vazeb (1→4) (Velíšek, 1999).

4.2.3. *Inuliny* jsou polymery složené z lineárních řetězců D-fruktufuranóz (fruktany), které většinou obsahují jako

Obrázek č. 1: Schematické znázornění struktury arabinoxylanu v aleuronu pšenice



Zdroj: Brouns, Hemery, Price & Anson, 2012

koncovou jednotku D-glukózu. Označují se pak jako glukofruktany. Syntetizuje je celá řada vyšších rostlin. Jednotky fruktózy jsou navzájem vázány β -(1 \rightarrow 2) vazbou. Enzymatickou hydrolýzou inulinu je získávána oligofruktóza.

4.2.4. *Heteroxylany* mají hlavní řetězec tvořen D-xylano-pyranosovými jednotkami, vzájemně vázanými vazbami β -(1 \rightarrow 4). Terminální jednotkou je α -L-arabinofuranóza. Většina xylózových jednotek není substituována, některé jsou substituovány α -L-arabinofuranózou vazbami (1 \rightarrow 3) nebo méně (1 \rightarrow 2). Xylóza bývá také substituována arabinofuranózou na C-2 a C-3. Arabinoxylany pšenice jsou bohaté na přítomnost kyseliny ferulové, která je pevně vázána esterovou vazbou na C-5 zbytku arabinózy. Vytváří dimery a podílí se na vzniku příčných vazeb mezi jednotlivými makromolekulami arabinoxylanů (obrázek č. 1) (Brouns, Hemery, Price & Anson, 2012, p. 553–568). Přítomnost kyseliny

ferulové a stupeň větvení pak ovlivňuje jejich fyzikálně-chemické vlastnosti.

4.3. Rozpustné vlákniny používané zejména jako přídatné látky v potravinách nebo jako doplňky stravy

4.3.1. *Gumy sloužící jako zásobní polysacharidy* jsou obsaženy zejména v semenech luskových plodů nebo v hlízách. Chemickou strukturou patří většinou mezi heteromanany, či heteroglukany. U heteromananů je jejich hlavní řetězec většinou homopolymerní a tvoří jej jednotky D-manózy spojené vzájemně glykosidovými vazbami β -(1 \rightarrow 4). Na tyto jednotky pak bývá občas navázána α -D-galaktóza. V tomto případě se jedná o galaktomanany. Jsou-li manózové jednotky nepravidelně nahrazeny glukózou, nazýváme je glukomanany. Bývají také v poloze 2 a 3 acetylovány. Heteroglukany jsou pak tvořeny řetězcem jednotek β -(1 \rightarrow 4) D-glukózy, v němž dochází k větvení D-xylopyranózových

jednotek vázaných vazbou α -(1 \rightarrow 6). U těchto xyloglukanů bývá navázána na xylózových jednotkách β -D-galaktóza (Velišek, 1999).

4.3.2. *Gumy obsažené v exsudátech pletiv* tvoří mimořádně rozmanité struktury. Primární strukturu tvoří substituované arabinogalaktany, směsi arabinogalaktanů s glykoga-lakturonany (např. guma arabská), glykanorhamnogalakturonany (guma karaja), či glykanoglukuronomannoglykany (guma ghatti) (Velišek, 1999).

4.3.3. *Sekundární metabolity charakteru slizů* se v naší stravě běžně nevyskytují a nejsou ani přídatnými látkami. Nejznámějším polysacharidem, který je součástí stravy některých asijských a afrických zemí je glykanorhamnogalakturonan obsažený v ibišku jedlém – okře. V doplňcích stravy jsou zastoupeny zejména u nás oblíbeným psylliem (*Plantago psyllium L.*, *Plantago indica L.*, *Plantago ovata Forssk.*), které v osemeni obsahuje 70–90 % arabinoxylanu. Ten je přibližně složen ze 70 % D-xylózy, L-arabinoxylózy (10 %), α -D-galakturonyl-(1 \rightarrow 4)-L-xylózy a D-galaktózy (Bruneton, 1999).

4.3.4. *Polysacharidy mořských řas* jsou zastoupeny v potravinách zejména algináty, agarem a karagenany. Algináty jsou nevětvenými lineárními kopolymery β -D-mannuronové kyseliny a α -L-guluronové kyseliny spojené glykosidovými vazbami (1 \rightarrow 4). Obsah těchto kyselin se liší nejen podle původu řas, ale také podle jejich stáří (Krotkiewski, 1991, p. 483–488). Karboxylové skupiny snadno váží ionty jedno-mocných a dvojmocných prvků. Pokud jsou plně obsazeny, alginát je nerozpustný ve vodě. Částečné obsazení určitým kationtem má vliv na rozpustnost ve vodě (Brouns, Hemery, Price & Anson, 2012, p. 553–568). Je to dáno jeho iontovou silou. Agary jsou složité lineární polysacharidy, ve kterých jsou stavebními jednotkami β -D-galaktopyranóza a 3,6-anhydro- α -L-galaktopyranóza. Jsou střídavě vázány glykosidovými vazbami (1 \rightarrow 3) a (1 \rightarrow 4) (Velišek, 1999). U nás se běžně v potravinářství nevyužívají a nejsou důležitou součástí naší stravy. Karagenany jsou také lineární polysacharidy podobné agaru. Základní strukturou je ale opakující se sekvence β -D-galaktopyranózy a 3,6-anhydro- α -D-galaktopyranózy (Velišek, 1999). Sekvence těchto jednotek se vyskytuje v několika variantách, které ovlivňují technologické vlastnosti.

4.3.5. *Bakteriální polysacharidy* produkují dva základní typy polysacharidů, které se buď podílejí na architektuře buněč-

né stěny a zároveň mohou plnit i funkci zásobní, nebo mají funkci ochrannou proti jiným mikroorganizmům (Velišek, 1999). Právě tyto bakteriální gumy našly uplatnění v potravinářství jako přídatné látky. Xanthanová guma je složena z β -(1 \rightarrow 4)-D-glukózových jednotek podobně jako celulóza. Postranní řetězce jsou tvořeny zbytkem D-glukuronové kyseliny a dvěma zbytky D-manózy. K terminálnímu konci D-manózy je navázána další sacharidová struktura, která se liší stupněm substituce podle bakteriálního kmenu, který ji produkuje. Xanthanové molekuly tvoří šroubovici. Podobně složitou strukturu má i gellan, jejímž úplným základem je jednotka β -D-glukózy esterifikovaná v poloze 6 octovou kyselinou (Velišek, 1999).

4.4. Lignin

Lignin je v menší míře obsažen ve všech potravinách s přirozeným obsahem vlákniny. Ve větším množství je obsažen v aleuronové vrstvě zrna. Otruby jej obsahují asi 8 % (Velišek, 1999). Lignin se v trávicím ústrojí nerozkládá. Dochází ale ke štěpení přirozených vazeb s jinými přírodními strukturami. Jeho prekurzorem je kyselina skořicová, která vzniká biosyntézou z fenylalaninu. Jejím meziproduktem je i kyselina ferulová. Redukcí těchto a dalších kyselin vznikají allylalkoholy, ze kterých pak dalšími biochemickými kroky vzniká složitá a rozmanitá aromatická struktura ligninu. Lignin je kovalentně vázán na příslušný polysacharid, nebo nepřímo prostřednictvím kyseliny ferulové (Velišek, 1999).

5. Vliv vlákniny na trávicí pochody a látkovou výměnu v lidském těle

5.1. Zpomalení vyprazdňování žaludku

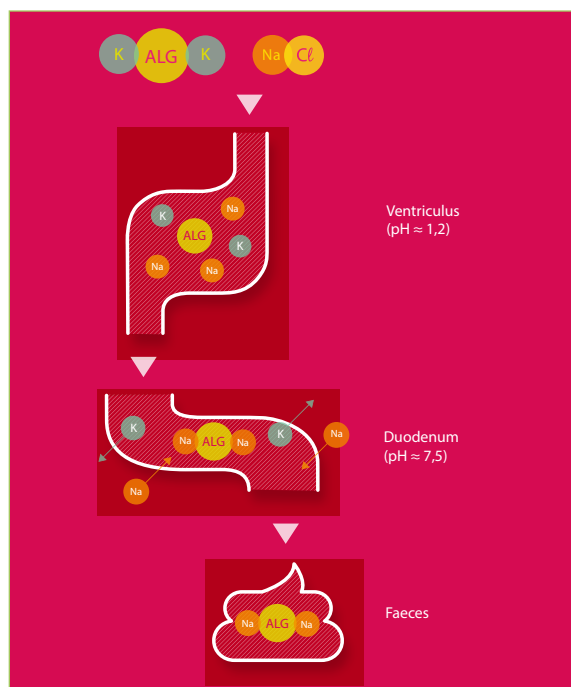
Zpomalení vyprazdňování žaludku má velký vliv na regulaci příjmu potravy. Přestože je tento účinek běžně vlákninám přisuzován, není nijak věrohodně prokázán a s velkou pravděpodobností neplatí obecně. Většina z nich rychlost vyprazdňování žaludku asi neovlivňuje. Zpomalení vyprazdňování žaludku může být vyvoláno zvýšením viskozity vodného prostředí, pokud je příslušná vláknina dostatečně odolná proti nízkému pH. Musí také tvořit dostatečně viskózní strukturu při odpovídajícím dávkování a způsobu užití. Pro tento účel použití se pravděpodobně hodí některé formy glukomananu. Viskózní vlákniny se mohou uplatnit při řešení obtíží spojených s gastroezofageálním refluxem, či hiátovou hernií. Již po několik desetiletí se úspěšně používají léčiva s obsahem alginanu sodného, hydrogenuhličitanu sodného a uhličitanu vápenatého. Mechanismus účinku je vysvětlován reakcí s žaludeční kyselinou, následným

Tabulka č. 1: Přehled rozpustných i nerozpustných vláknin používaných jako přídavné látky:

Přídavná látka	Kód E	Zdroj	Použití *
kyselina alginová a její soli			
kyselina alginová	E 400	hnědé mořské řasy zejména z rodu <i>Macrocystis</i> a <i>Ascophyllum</i>	1, 2, 3, 4
alginát sodný	E 401		1, 2, 3, 4
alginát draselný	E 402		1, 2, 3, 4
alginát amonný	E 403		1, 2, 3, 4
alginát vápenatý	E 404		1, 2, 3, 4
rostlinné gummy a slizy			
karagenan	E 407	<i>Chondrus crispus</i>	1, 2, 3, 4
guma euchema	E 407a	<i>Euchema cottonii</i>	2, 3, 4
karubin	E 410	<i>Ceratonia siliqua</i>	2, 4
guma guar	E 412	<i>Cyamopsis tetragonoloba</i>	1, 2, 4
tragant	E 413	<i>Rod Astragalus</i>	1, 2, 4
arabská guma	E 414	<i>Acacia senegal</i>	1, 2, 4, 5
xanthan	E 415	<i>Xanthomonas campestris</i>	4, 6, 7
guma karaya	E 416	<i>Sterculia ureus</i>	1, 2, 4
guma tara	E 417	<i>Caesalpinia spinosa</i>	2, 4
guma gellan	E 418	<i>Pseudomonas elodea</i>	2, 3, 4
guma ghatti	E 419	<i>Anogeissus latifolia</i>	1, 2
konjak	E 425	<i>Amorphophalus konjak</i>	1, 2, 3, 4
konjaková guma	E 425i	<i>Amorphophalus konjak</i>	1, 2, 3, 4
konjak glukomanan	E 425ii	<i>Amorphophalus konjak</i>	1, 2, 3, 4
celulóza a její deriváty			
celulóza	E 460i	vyšší rostliny, houby, zelené řasy	1, 2, 4, 6, 7, 8
mikrokrystalická celulóza	E 460ii	výroba chemickou cestou	1, 2, 4
metylcelulóza	E 461	výroba chemickou cestou	6, 7
etylcelulóza	E 462	výroba chemickou cestou	1, 2, 4
hydroxypropylcelulóza	E 463	výroba chemickou cestou	1, 2, 4
hydroxypropylmetylcelulóza	E 464	výroba chemickou cestou	1, 2, 9
etylmetylcelulóza	E 465	výroba chemickou cestou	2, 4
karboxymetylcelulóza	E 466	výroba chemickou cestou	1, 2, 4
etylhydroxyetylcelulóza	E 467	výroba chemickou cestou	6
kroskarmelóza	E 468	výroba chemickou cestou	-
enzymově hydrolyzovaná karboxymetylcelulóza	E 469	výroba biochemickou cestou	1, 2, 4, 6

*Účel použití přídavných látek: 1 – emulgátor, 2 – stabilizátor, 3 – želirující látka, 4 – zahušťovadlo, 5 – zvlhčující látka, 6 – nosič, 7 – plnidlo, 8 – protispěková látka, 9 – pěnotvorná látka.

Obrázek č. 2: Schematické vyjádření možnosti iontové výměny v trávicím ústrojí zprostředkované alginátem



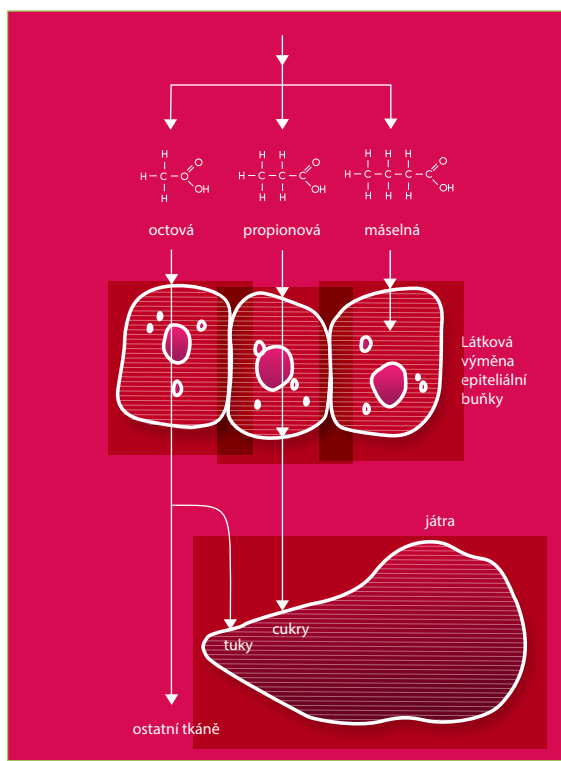
Zdroj: Krotkiewski, 1991

vytvořením vrstvy gelu kyseliny alginové při pH okolo 7, která pak plave na povrchu obsahu žaludku, a tak brání refluxu po dobu několika hodin. Gel vytvořený v kyselém prostředí se v alkalickém prostředí duodena rozpouští a ne-strávená vláknina je vylučována stolicí.

5.2. Urychlení střevní masáže

Vyvolávají jej většinou nerozpustné vlákniny (celulóza, některé β-glukany). Pravděpodobně svým přímým mechanickým působením na střevní stěnu. Může ji ale způsobit i změna osmotických poměrů po příjmu rozpustných vláknin. Lidé jsou k většině polysacharidů rozdílně vnímaví a také se na zvýšený příjem určité vlákniny rozdílně adaptují. Projímavý efekt může být krátkodobý a je často podmíněn dostatečným obsahem určitých látek ve stravě (např. hořčiku). Mohou jej rovněž způsobovat doprovodné látky, nikoliv vlastní vláknina (látky tukové či bílkovinné povahy, inhibitory trávicích enzymů z povrchu semen). S mírně projímavým účinkem se častěji setkáváme zejména u glukomananu vysoké čistoty a viskozity. Výrazný projímavý účinek se někdy dostavuje také. Zaznamenali jsme jej ojedinele také u polydextrózy či galaktomananu guar.

Obrázek č. 3: Schematické znázornění tvorby a využití krátkých mastných kyselin v trávicím traktu



Zdroj: Gurr & Asp, 1996

5.3. Zvětšení objemu stolice a její konzistence

Je ovlivňováno jak rozpustnými, tak nerozpustnými vlákninami i ligninem. Některé rozpustné vlákniny mohou zvětšit svůj objem postupně v průběhu 24 hodin a 50× a vícekrát (glukomanan) a nejsou příliš či vůbec fermentovány mikrobiotou. Je-li vláknina přijímána pravidelně v dostatečném množství, má na objemu stolice ještě výraznější podíl právě střevní mikrobiota a její buňky.

5.4. Ovlivnění glykemie

Vliv na hladinu krevního cukru je v literatuře vysvětlován zpomalením trávení sacharidů díky znepřístupnění potravy pro trávicí enzymy a zmenšení plochy pro jejich vstřebávání. Vláknina může snáze snížit glykemický index potravy i hodnotu postprandiální glykemie, je-li užívána během jídla, či je přímou součástí potravinářského výrobku. Některé vlákniny mohou nejen snižovat postprandiální glykemii, ale také snižují plazmatické koncentrace hormonů, které se podílejí na regulaci glykemie tím, že podporují využití a syntézu glukózy (leptin,

GLP-1) (Kappor, Ishiara & Okubo, 2016, p. 207–220). To může být způsobeno změnou reakce enteroendokrinních buněk na místní podněty v GIT.

5.5. Vliv na snížení hladiny cholesterolu a LDL

Toto pozitivní působení bylo zaznamenáno také jen u některých vláknin. Je vysvětlováno zpomalením vstřebávání tuků, omezením možnosti štěpení lipázami i znesnadněním jejich emulgace. Omezení zpětného vstřebávání žlučových kyselin, ze kterých se v játrech může znovu vytvářet, může také přispět k celkově nižší hladině cholesterolu. Synergický účinek může mít i vliv střevní mikrobioty, která při fermentaci vlákniny přeměňuje pentózové a hexózové zbytky na propionovou kyselinu, následně může příznivě ovlivnit složení mastných kyselin v rámci jejich celodenního příjmu.

5.6. Snížení zpětného vstřebávání žlučových kyselin

Tento účinek je pravděpodobně způsoben omezením plochy pro jejich zpětné vstřebávání. Určitou roli by mohla hrát také střevní mikrobiota, která se podílí na tvorbě sekundární žlučové kyseliny deoxycholové z primární kyseliny cholové a jejich rozdílná schopnost reabsorpce.

5.7. Zvýšení či snížení vstřebávání minerálních látek

Při pravidelném příjmu vlákniny okolo 20–30 g není za běžných okolností doprovázeno významným snížením využitelnosti minerálních látek z potravy a nebyl prokázán jejich následný deficit v organismu. Některé studie na zvířecích modelech zaznamenaly významně zvýšené vstřebávání vápníku a hořčíku z potravy po podávání fruktooligosacharidů (Bruneton, 1999). Některé algináty mohou zase dobře fungovat jako iontoměniče (Krotkiewski, 1991, p. 483–488). Nasytíme-li dostatečně alginát draselnými ionty, v trávicím ústrojí pak dojde k vazebné výměně se sodíkem. Tímto mechanismem lze snížit příjem sodíku z potravy a zároveň zpřístupnit tělu draslík (obrázek č. 2).

5.8. Prebiotický účinek vlákniny potravy je dán schopností střevní mikrobioty ji štěpit za vzniku mastných kyselin s krátkým řetězcem. Kyselina octová je převážně využita celkově (svaly, ledviny, srdce, mozek). Propionová je přeměňována v játrech a je potenciálním substrátem pro glukoneogenezi. Může mít inhibiční efekt na syntézu cholesterolu a podílet se na lipogenezi v tukové tkáni. Kyselina máselná je pak přeměněna převážně v enterocytech, podílí se na diferenciaci slizničních buněk a na jejich růstu (Flint, 2012, p. 10–13) (obrázek č. 3).

Tyto kyseliny mají vliv na hodnotu pH, která je důležitá pro kvantitativní složení mikrobioty (Shoaib et al., 2016, p. 444–454). Pravidelný příjem vhodné vlákniny má vliv na složení střevní mikrobioty v krátkodobém i dlouhodobém horizontu (Shoaib et al., 2016, p. 444–454).

6. Vláknina v naší běžné stravě a doporučený denní příjem

Mezi hlavní přirozené zdroje vlákniny v české stravě patří obiloviny, zelenina, ovoce a luštěniny. Obiloviny obsahují kromě celulózy jako hlavní polysacharidy arabinoxylany (pšenice, žito). Ječmen a oves pak zejména β -glukany. Vlákniny obilovin se podílejí na reologických vlastnostech těsta a na konzumní trvanlivosti mlýnsko-pekárenských výrobků. V zelenině tvoří jednu třetinu celulóza, třetinu hemicelulózy a více než pětinu pektiny. Zbytek vlákniny tvoří ostatní složky. Zelenina se podílí na celkovém příjmu vlákniny asi z 11 %. Obsah celkové vlákniny v zelenině je od 3 g/kg (vodní meloun) do 50 g/kg (maťová zelenina) (Kopeck, 2010). Inulin je zastoupen v zelenině v cibuli, česneku, artyčoku, čekance, póru a chřestu. V ovoci je nerozpustná vláknina zastoupená celulózou a zpravidla hemicelulózami v podobě heteroxyfanů. Její podíl bývá minimálně dvojnásobný i díky vysokému obsahu ve slupce, kterou často konzumujeme. Rozpustnou vlákninu reprezentují především pektiny. Pro pektiny je typická rozpustnost v horké vodě a tvorba gelů po ochlazení. Toho je často využíváno při konzervování ovoce a při jeho kuchyňském zpracování, kdy je pektin dokonce přidáván navíc. Velmi oblíbené banány obsahují vedle pektinu také inulin. Nerozpustná vláknina luštěnin je kromě celulózy zastoupena arabinoxylany. Luštěniny obsahují po tepelné úpravě značné množství rezistentního škrobu. Rezistentní škrob ale může vznikat po tepelné úpravě v různé míře i u dalších potravin (brambory, těstoviny). V luštěninách jsou dále také zastoupeny fruktany (Dodevska, Djordevic, Sobajic, Miletic, Djordevic, Dimitrijevic-Sreckovic, 2013, p. 1624–1629). Vedle fruktanů (inulin) jsou přítomny nestravitelné fruktooligosacharidy odvozené od sacharózy (rafinóza, stachióza, verbaskóza), které způsobují nadýmání, díky rychlé fermentaci v tlustém střevě. K nadýmání přispívá i inulin. Dle výživového doporučení Společnosti pro výživu by měl denní příjem vlákniny dosáhnout u dospělého člověka 30 g. Denní příjem zeleniny a ovoce by měl dosahovat 600 g, včetně zeleniny tepelně upravené, přičemž poměr zeleniny a ovoce by měl být cca 2:1, to znamená 400 g zeleniny a 200 g ovoce. Toto doporučení není vůbec snadné každodenně racionálně splnit a může se v praxi podílet na nárůstu tělesné hmotnosti,

díky příliš vysokému příjmu sacharidů (ovoce, cereální výrobky, přílohy, dietní prohrašky).

7. Označování potravin a výživová zdravotní tvrzení

Evropská agentura pro bezpečnost potravin (European Food Safety Authority-EFSA) se zabývá i vlivem vlákniny potravy na lidské zdraví. Na základě studia publikovaných vědeckých prací stanovila výživová zdravotní tvrzení, která mohou být používána na obalech výrobků s obsahem vlákniny (Evropský parlament a rada, 2011). Konstatuje také, že výživová a zdravotní tvrzení musí být založena na všeobecně uznávaných údajích a být jejich prostřednictvím zdůvodněna.

7.1. Redukční dieta

Glukomanan z *Amorphophallus konjak* v rámci nízkoenergické diety přispívá ke snížení hmotnosti. Toto tvrzení o příznivém účinku může být použito u potravin, které obsahují 1 g glukomananu v kvantifikované porci. Zároveň musí být dosažen příjem glukomananu v množství 3 g denně ve třech dávkách po 1 g (European Union, 2012).

7.2. Normální hladina cholesterolu

V případě glukomananu dosáhneme příznivého účinku při přívodu 4 g glukomananu denně. Kvalitu samotného glukomananu bohužel nijak věstník nespécifikuje a nelze s tímto tvrzením podle našich zkušeností souhlasit obecně. To platí i v případě dalších polysacharidů. K udržení normální hladiny cholesterolu přispívá i guarová guma u potravin, která poskytuje přívod 10 g guarové gumy denně, hydroxypropylmetylcelulóza (HPMC) při přívodu 5 g denně a chitosan při přívodu 3 g denně. U β -glukanů lze příznivého účinku dosáhnout při konzumaci 3 g této vlákniny z ova, ovesných otrub, ječmene, ječných otrub, nebo ze směsi těchto zdrojů denně. U pektinů pak dávkou 6 g denně (Komise EU, 2012).

7.3. Normální hladina krevního cukru

Konzumaci pektinů s jídlem lze přispět k omezení nárůstu hladiny glukózy v krvi po tomto jídle. Příznivého účinku se dosáhne konzumací 10 g pektinů během konzumace jídla. Obdobně mohou působit β -glukany z ova a ječmene. Příznivého účinku lze dosáhnout přívodem 4 g β -glukanů z ova, nebo ječmene na každých 30 g využitelných sacharidů v kvantifikované porci jakožto součást jídla. Arabinoxylan vyrobený z endospermu pšenice, je-li součástí jídla, přispívá k omezení nárůstu hladiny glukózy po tomto jídle, pokud potravina obsahuje 8 g vlákniny bohaté na tento

arabinoxylan (nejméně 60 %) na 100 g využitelných sacharidů. Také nahrazením stravitelného škrobu rezistentním škrobem v jídle lze dosáhnout tohoto efektu, pokud obsah rezistentního škrobu činí nejméně 14 % z celkového obsahu škrobu v konzumovaném pokrmu, či potravinářském výrobku (Komise EU, 2012).

7.4. Vliv na funkci střev a střevní motilitu

U žitné vlákniny je možné používat tvrzení, že přispívá k normální činnosti střev, pokud produkt obsahuje alespoň 6 g vlákniny na 100 g, nebo alespoň 3 g na 100 kcal. Jedná se pak o výrobek s vysokým obsahem vlákniny. Za obdobných podmínek je možné uvést u vlákniny ze zrn ova, ječmene a pšeničných otrub, že přispívají ke zvýšení objemu stolice. Vláknina z pšeničných otrub zároveň urychluje střevní tranzit (Komise EU, 2012).

7.5. Povinné varování

Nařízení Komise Evropské unie také stanovilo podmínky používání potravinářských výrobků s obsahem vlákniny. U glukomananu, guarové gumy, pektinů je v nařízení uvedeno, že je třeba varovat před udušením, které hrozí osobám s polykacími obtížemi, nebo při zapití neodpovídajícím množstvím tekutin. Má se také uvést instrukce, že je nutné pokrm zapít velkým množstvím vody, aby bylo zajištěno, že se látka dostane do žaludku. Tato podivná podmínka používání potravinářského výrobku, ze kterého musí mít každý po přečtení varování logicky obavy, nemůže z odborného hlediska obecně obstát a nemůže být založena na všeobecně uznávaných údajích. Není zároveň stanovena u potravin, které nejčastěji polykací obtíže způsobují. Tvrdé kapsle s obsahem pektinu, či glukomananu, nemohou představovat pro konzumenta větší problém než jakékoliv jiné stejné velké kapsle. Také například náhražky těstovin s obsahem glukomananu nemohou mít takové reologické vlastnosti, aby s nimi měli lidé větší polykací obtíže než při konzumaci běžných těstovin. Nešly by navíc ani připravit. Určité riziko mohou představovat práškové formy doplňků stravy s vlákninou, které se užívají rozpuštěné ve vodě, jestliže se použije vláknina nevhodných reologických vlastností a není navíc uveden správný způsob použití. Doporučené zapití velkým množstvím vody pak může skončit tragicky, protože kvalifikovaná pomoc přijde příliš pozdě. Je proto patrné, že autoři doporučení se sami nepřesvědčili o jeho správnosti metodou pokusu a omylu. U výše uvedených vláknin a celé řady dalších, kde toto varování není nutné, platí, že rychlost nárůstu viskozity ovlivňuje i velikost částic, které jsou ve vodě dispergovány. Není proto vždy možné, aby se pro

doplňky stravy používaly potravinářské suroviny, které běžně slouží jako přídatné látky, a je třeba respektovat, k čemu je potravinářská surovina primárně určena.

7.6. Energetická hodnota

Protože se předpokládá, že je vláknina částečně přeměněna střevní mikrobiotou na mastné kyseliny (viz výše), její energetická hodnota byla stanovena na 8,4 kJ (2 kcal) na 1 g vlákniny. Pozitivní praktický význam to ale při doporučeném příjmu vlákniny 30 g za den pravděpodobně nemá a z výživového hlediska je někdy lepší ji nezapočítávat (redukční diety). U některých osob, které si pečlivě počítají energetický příjem, může být jídelníček se sníženým obsahem energie, či jídelníček nízkoenergetický, zbytečně ochuzen o výživné látky bez jakéhokoliv pozitivního vlivu na tělesnou hmotnost.

PharmDr. Martin Staněk

Centrum pro poruchy metabolismu a výživy, Praha 1

e-mail: guareta@drstanek.cz

Literatura

- Brouns, F., Hemery Y., Price, R., & Anson, N.M. (2012). Wheat Aleuron: Separation, Composition, Health Aspects, and Potential Food Use. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52, 553–568.
- Bruneton, J. (1999). *Pharmacognosy* (2nd ed.). Paris: Lavoisier Publishing.
- Dodevska, M. S., Djordevic, B. I., Sobajic, S. S., Miletic, I. D., Djordevic, P. B., Dimitrijevic-Sreckovic, V. S. (2013). Charakterisation of Dietary Fibre Components in Cereals and Llegumes. *Food Chemistry*, 141, 1624–1629.
- Doi, K. (1995). Effect of Konjak Fibre (glucomanan) on Glucose and Lipids. *European Journal of Clinical Nutrition*, 49, Suppl. 3, 190–197.
- European Union (2006). Nařízení Evropského parlamentu a rady (ES) č. 1924/2006 ze dne 20. prosince 2006 o výživových a zdravotních tvrzeních při označování potravin. Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=celex:32006R1924>
- European Union (2011). Nařízení Evropského parlamentu a rady (ES) č. 1169/2011 ze dne 25. října 2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům. Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=celex%3A32011R1169>
- European Union (2012). Nařízení Komise (EU) č.432/2012 ze dne 16. května 2012, kterým se zřizuje seznam schválených zdravotních tvrzení při označování

- potravin. Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32012R0432>
- European Union (2012). *Úřední věstník Evropské unie L 136 ze dne 25. 5. 2012*. Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=OJ%3AL%3A2012%3A136%3ATOC>
 - Fenema Owen, R. (1996). *Food Chemistry* (3rd ed.). New York, USA: Marcel Dekker.
 - Flint, J. H. (2012). The Impact of Nutrition on the Human Microbiome: *Nutrition Reviews*, Vol. 70 (Suppl.1), 10–13.
 - Gurr, M. I. & Asp, N. G. (1996). Dietary Fibre. In *ILSI Europe Monograph Series*. Brussels, Belgium: ILSI Europe.
 - Kappor, M. P., Ishiara, N., & Okubo, T. (2016). Soluble Dietary Fibre Partially Hydrolysed Guar Gum Markedly Impacts an Hyperglycaemia, Hyperlipidemia and Incretins Metabolic Hormones Over Time in Healthy and Glucose Intolerant Subjects. *J. of Functional Foods*, 24, 207–220.
 - Khotimchenko, Yu. S., Kovalev, V. V., Savchenko, O. V., Ziganshina O. A. (2001). Physical-Chemical Properties, Physiological Activity, and Usage of Alginates, the Polysaccharides of Brown Algae. *Russian J. of Marine Biology*, 27, Supl.1, 53–64.
 - Kopec, K. (2010). *Zelenina ve výživě člověka*. Praha, Czech Republic: Grada.
 - Kritchevsky, D., & Bonfield, Ch. (1997). *Dietary Fibers in Health and Disease*. New York, USA: Plenum Press.
 - Krotkiewski, M. (1991): Effect of a Sodium-Potassium Ion-Exchanging Seaweed Preparation in Mild Hypertension. *Am.J. of Hypertension*, 4, 483–488.
 - Mann, J., & Stewart Truswell, A. (1998). *Essentials of Human Nutrition*. New York, USA: Oxford University Press Inc.
 - Olveira, G., Gonzáles-Molero, I.: An Update on Probiotics and Prebiotics in Clinical Nutrition. *Endocrinol. Nutr*, 63(9), 482–494.
 - Shoaib, M., Shehzad, A., Omar, M., Rakha, A., Raza, H., Sharif, H. R., Shakeel, A., Ansari, A., Niazi, S. (2016). Inulin: Properties, Health Benefits and Food Applications. *Carbohydrate Polymers*, 147, 444–454.
 - Velišek, J. (1999). *Chemie potravin*. Tábor, Czech Republic: OSSIS.

Aminokyseliny a orgánové funkce

II. Metabolismus aminokyselin u onemocnění jater

| Vladimír Teplan

Subkatedra nefrologie IPVZ Praha

Interní klinika FN Ostrava a Interní katedra Ostravské univerzity

Summary

An amino acid pool in an amount of 300–500 g represents all degraded and synthesised amino acids in the human body. Liver is a central organ for amino acid metabolism and its pathology can lead to liver encephalopathy. A positive supportive role in this point could be in a supplemented parenteral branched chain amino acid followed by a decrease of aromatic amino acids and ammonium levels. In inflammatory bowel diseases disturbances of amino acids with liver cachexia could be managed preferentially in children by modular enteral nutrition.

Key words: *branched chain amino acids, encephalopathy, enteral nutrition*

Metabolismus aminokyselin v organismu

Souhrn všech aminokyselin v těle nazýváme *aminokyselinový pool*. U zdravého dospělého člověka je asi 300–500 g proteinů denně degradováno na aminokyseliny formou proteolýzy. Dalším zdrojem aminokyselin jsou proteiny obsažené v potravě, které představují přibližně 70–100 g za den. Posledním zdrojem aminokyselinového poolu je biosyntéza neesenciálních aminokyselin tvořící denně 30–40 g aminokyselin. Kolem 120 g aminokyselin denně se tak degraduje. Přibližně stejné množství aminokyselin, jako uvolňuje proteolýza, se zpětně inkorporuje do proteinů, jedná se o proces tzv. proteosyntézy (Wu, 2009; Deutz, Boirie, Roth & Soeters, 2011; Teplan, 2000; Rose, 1949; Szitanyi et al., 2014).

Proteolýza je kompletní degradace proteinů na volné aminokyseliny. V průběhu proteolýzy se uplatňují enzymy proteázy a peptidázy, které nacházíme jak v trávicím traktu, tak i v každé buňce – lizosomy. Základní dělení peptidáz rozlišuje:

- 1. exopeptidázy** – amino- a karboxypeptidázy – štěpí proteiny/peptidy na koncích jejich řetězců,
- 2. endopeptidázy** – trypsin, chymotrypsin či pepsin – štěpí vnitřní vazby proteinů/peptidů.

Některé proteiny se degradují pomocí tzv. *ubikvitin-proteazomové cesty*. Ubikvitin, malý buněčný protein, se vyskytuje ve všech eukaryotních buňkách. Slouží jako marker, který předurčuje protein k jeho degradaci v proteazomech – proces nazýváme ubikvitinace (popřípadě polyubikvitinace – pokud je navázáno více molekul ubikvitinu).

Za objev rozkladu bílkovin iniciovaného ubikvitinem obdrželi v roce 2004 Nobelovu cenu za chemii („for the discovery of ubiquitin-mediated protein degradation“) Aaron Ciechanover, Avram Hershko a Irwin Rose.

Játra a jejich funkce

Funkce jater je mnohostranná a mnohočetná, většina procesů v nich probíhajících sice souvisí s metabolizmem a detoxikací, kromě toho jsou však játra též exokrinní i endokrinní žlázou a zasahují také do dalších dějů (Rose, 1949; Szitanyi et al., 2014).

Metabolické děje probíhající v játrech

V hepatocytech probíhají vzájemné přeměny živin, jejich syntézy, degradace a resorpce z krve.

- **Metabolismus sacharidů:** jaterní buňky vylučují glukózu z portální krve, skladují ji jako glykogen (až 60 g/kg jaterní hmoty), nebo přeměňují na lipidy. V játrech probíhají vzájemné přeměny hexos, tedy pentózový cyklus a přeměna laktátu na glukózu (Coriho cyklus), a přeměna alaninu na glukózu (alaninový cyklus). Při hladovění je z jater glukó-

za uvolňována po glykogenolýze, nebo syntetizována v procesu glukoneogeneze. Ke zpracovávání glukózy jsou jaterní buňky vybaveny specifickými enzymy (glukokináza, fruktozináza a galaktokináza). Játra udržují stálou glykemii.

- **Metabolismus lipidů:** v játrech probíhá syntéza, beta-oxidace a peroxidace mastných kyselin, syntéza triacylglycerolů, cholesterolu a fosfolipidů, tvorba ketolátek (acetacetát, beta-hydroxymáselná kyselina, aceton). Jaterní buňky tvoří také lipoproteiny, VLDL, které transportují lipidy do tkání, a HDL, pomocí kterého se cholesterol dostává z tkání do jater. V játrech jsou též zpracovávány chylomikrony, ve kterých jsou tuky transportovány ze střeva.

- **Metabolismus aminokyselin:** játra pomáhají udržovat stálou hladinu aminokyselin v krevní plazmě, vylučují glukoplastické aminokyseliny (alanin, serin, threonin), syntetizují neesenciální aminokyseliny a také v nich probíhá katabolismus většiny esenciálních aminokyselin (výjimku tvoří ty s rozvětveným řetězcem).

- **Detoxikace amoniaku:** volný amoniak narušuje acidobazickou rovnováhu organismu a je neurotoxický. V těle je tvořen při deaminaci aminokyselin a také činností střevní mikroflóry – játra jsou proto vybavena dvěma účinnými systémy na jeho odstranění. Prvním systémem je ornitinový cyklus, při kterém je syntetizována močovina. Je to energeticky nákladný proces, probíhá proto v 1., periportální zóně jaterního acinu. Takto je detoxikována většina amoniaku. Druhým systémem detoxikace je syntéza glutaminu (z glutamátu a amonného iontu), která se odehrává v perivenózních hepatocytech. Amoniak z glutaminu je následně uvolněn v ledvinách a vyloučen močí. Regulaci zastoupení těchto dvou systémů na detoxikaci amoniaku zároveň získávají játra silný nástroj k řízení poměru kyselin a bází v organismu.

- **Degradace cholesterolu:** v játrech se degraduje přebytečný cholesterol. Při tomto procesu vznikají primární žlučové kyseliny – kyselina cholová a kyselina chenodeoxycholová. Ty jsou dále konjugovány s taurinem nebo glycinem.

- **Degradace hemu:** hem z rozpadlých červených krvinek je navázan na protein hemopexin a transportován do jater, kde je vzniklý komplex fagocytován Kupfferovými buňkami. V nich dochází k přeměně hemu na biliverdin a dále na bilirubin. Bilirubin se váže na další protein krevní plazmy, albumin, odkud je vylučován hepatocyty. Ve vazbě na protein ligandin se dostává do endoplazmatického reti-

kula, kde je konjugován na bilirubindiglukosiduronát. Ten je pak aktivním transportem vyloučen do žluči.

- **Detoxikační funkce:** v játrech jsou hydrofobní cizorodé molekuly, které proto nemohou být vyloučeny močí, oxidovány cytochromem p450 a konjugovány s hydrofilními látkami, jako jsou kyselina glukuronová, kyselina sírová a další. Vzniklé molekuly jsou pak vyloučeny do žluče nebo do krevní plazmy, odkud jsou odstraněny v ledvinách.

- **Tvorba hormonů:** játra produkují angiotenzinogen, který má vliv na hospodaření s vodou, solemi a udržování krevního tlaku. Dále syntetizují somatomedin, jehož prostřednictvím působí růstový hormon, a v malém množství v nich vzniká též erythropoetin, který zajišťuje erytropoézu.

- **Degradace a inaktivace hormonů:** v játrech se likvidují hormony, jako jsou inzulin, steroidní hormony a další.

- **Syntéza plazmatických proteinů:** v játrech jsou syntetizovány všechny plazmatické proteiny kromě imunoglobulinů (tzn. protilátek) a von Willebrandova faktoru. Za 24 hodin se v jaterní tkáni vytvoří až asi 50g plazmatických bílkovin. Při poruše jaterních funkcí se proto po vyčerpání funkčních bílkovin v krvi objeví poruchy srážlivosti krve (nejsou syntetizované koagulační faktory) a dále otoky způsobené sníženým onkotickým tlakem v cévách, jenž je následkem poruchy tvorby albuminu v játrech.

- **Zásobní funkce:** játra jsou depo lipidů (až 10% jejich hmotnosti), glykogenu, železa (ve formě ferritinu) a vitamínů A, D, K a B₁₂.

- **Orgán krvetvorby:** během embryonálního vývoje savců jsou játra orgánem, kde probíhá krvetvorba. V případě těžkého poškození kostní dřeně se může tvorba krevních elementů v játrech obnovit i u dospělých jedinců.

Další metabolické funkce jater

- **Hepatocyty** mají zcela výjimečné postavení v **intermediálním metabolismu**. Hrají zásadní roli při udržení stálosti vnitřního prostředí (homeostázy), při vzájemné přeměně živin, při regulaci skladování a uvolňování energie, při modifikaci hormonů a vitamínů, či při detoxikaci škodlivých látek (biotransformace xenobiotik). Játra mají také **sekreční úlohu – tvoří žluč** nezbytnou pro efektivní trávení lipidů a současně umožňující vylučování mnoha látek z těla. Játra jsou i orgánem důležitým pro **imunitní procesy** (např.

syntéza reaktantů akutní fáze, Kupfferovy buňky) a **endokrinním orgánem** – produkují např. erythropoetin (10%, zbylé množství se tvoří v ledvinách), **kalcidiol**, **insulin-like growth factors** – **somatomediny**.

- Mnoho funkcí jater je **vysoce energeticky náročných**. Hepatocyty se proto při získávání energie soustředí především na proces **aerobní fosforylace**. Játra spotřebovávají **20–30%** veškerého **kyslíku** a 90% z něj použijí k tvorbě makroergních fosfátů. Za normálních podmínek získávají játra většinu energie z **β -oxidace mastných kyselin** a degradace aminokyselin.

Metabolismus sacharidů

- Pro organismus je životně důležité **udržovat hladinu krevní glukózy** ve fyziologickém rozmezí **3,3–5,6 mmol/l**. Jednou z nejdůležitějších funkcí jater je **krátkodobá** (hodiny) i **dlouhodobá** (dny, týdny) **regulace glykemie** – tzv. **glukostatická funkce jater**. V hepatocytech probíhá řada metabolických drah, které jsou „zapínány“ a „vypínány“ v závislosti na tom, jestli glykemie stoupá, či klesá. Toto zapínání a vypínání řídí převážně hormony (produkované například endokrinním pankreatem či nadledvinami). **Jaterní glykogen** slouží jako „pufr“ umožňující játrům rychle reagovat na výkyvy glykemie. Zcela klíčový význam má fakt, že hepatocyty obsahují enzym **glukóza-6-fosfatázu** (odštěpuje fosfát z glukózy-6-P), díky němuž dovedou uvolnit „čistou“ glukózu do krevního oběhu. Játra jsou součástí dvou významných meziorgánových propojení metabolických drah – **Coriho cyklu** a **glukózo-alaninového cyklu**.

- **Vysoká hladina glukózy** v portální krvi po jídle vede ke spuštění syntézy **glykogenu** v játrech – hepatocyty vychytávají glukózu a tvoří z ní glykogen. Při vysokém nadbytku glukózy (a nasycení zásob glykogenu) dochází k **přeměně glukózy na mastné kyseliny** a následně na **TAG**.

- Po přerušení příjmu potravy, **při lačnění**, když začne **klesat glykemie**, dochází nejprve k rozkladu glykogenu (**glykogenolýze**) a následnému uvolnění glukózy do krve.

- Pokud organismus **lační po mnoho hodin** a **zásoby glykogenu se ztenčují**, nezačnou játra vychytávat glukózu z krve pro vlastní potřebu, ale naopak zahájí proces **tvorby glukózy z necukerných substrátů** (laktát, glukogenní aminokyseliny, glycerol) – **glukoneogenezi**.

Metabolismus proteinů a aminokyselin u chorob jater

1. Deaminace a transaminace aminokyselin s následnou konverzí uhlíkového skeletu na glukózu či lipidy

Játra kontrolují hladinu aminokyselin v plazmě. Aminokyseliny přicházejí do jater jako produkty trávení bílkovin nebo z degradace tělesných proteinů. V hepatocytech aminokyseliny podstupují specifické reakce – např. **deaminaci** (odstranění aminoskupiny), **dekarboxylaci** (odstranění -COOH skupiny) či **transaminaci** (výměna aminoskupiny s α -ketokyselinou).

Typický příklad transaminační reakce skýtá reakce alaninu (Ala) a α -ketoglutarátu za vzniku pyruvátu a glutamátu (Glu), katalyzovaná enzymem alaninaminotransferázou (ALT). Další transaminační reakci představuje reakce asparátu (Asp) a α -ketoglutarátu za vzniku oxalacetátu a glutamátu za katalýzy aspartátaminotransferázou (AST). Oba zmíněné enzymy ALT i AST bývají užívány jako diagnostické markery poškození jaterních buněk.

Jednotlivé aminokyseliny jsou degradovány unikátními katabolickými drahami, ale jejich uhlíkaté kostry se přeměňují na některou ze sedmi sloučenin: pyruvát, acetyl-CoA, acetoacetyl-CoA, α -ketoglutarát, sukcinyl-CoA, fumarát a oxalacetát. Ty se dále mohou přeměnit na sacharidy či lipidy.

2. Syntéza neesenciálních aminokyselin

V lidském těle **nemůžeme syntetizovat esenciální aminokyseliny** – Phe, Trp, Val, Leu, Ile, Met, Thr a Lys. Ostatní aminokyseliny řadíme mezi neesenciální aminokyseliny a mnoho z nich se tvoří v játrech.

Detoxikace amoniaku a jeho odstraňování z těla

Při metabolismu aminokyselin se uvolňuje určité množství pro organismus (zvláště pro CNS) **toxického amoniaku**, jehož hlavním zdrojem je deaminace aminokyselin. Část amoniaku pochází i z hydrolýzy glutaminu na amoniak a glutamát. Detoxikaci amoniaku zajišťuje **syntéza močoviny (močovinový cyklus)** či tvorba **glutaminu**.

Jaterní cirhóza a aminokyseliny

Jaterní cirhóza je chronické jaterní onemocnění, při kterém postupně dochází k přestavbě jaterní tkáně a cévního řečiště jater. Jaterní cirhóza je chronický proces, vedoucí k nekróze jater a následně ke zvýšené tvorbě vaziva (fibrotizace) a k uzlovité přestavbě jaterních buněk (Plauth, 2011; Kin-

ny-Köster, Bertels, Becker, Scholz, Thiery, Ceglarek & Kaiser, 2016; Holeček, 2010; Toshikuni, Arisawa & Tsutsumi, 2014).

Kompenzovaná cirhóza svými projevy připomíná chronický zánět jater. Nemocní si stěžují na nespecifické příznaky, jako například pocitu plnosti po jídle, změny stolice, lehké otoky v oblasti kotníků a noční močení. U žen se mohou objevit poruchy menstruačního cyklu ve smyslu vynechání, nebo úplného vymizení menstruace. Lékařské vyšetření prokáže zvětšení jater a postupně také zvětšení sleziny. Onemocnění pozvolna přechází ve fázi dekompenzace. *Dekompenzovaná cirhóza* má poměrně pestré projevy. Někdy převažují projevy poškození jaterní tkáně (ikterus, krvácivé projevy, hypoalbuminémie se zadržováním tekutin, ascitem a otoky), jindy naopak projevy poškození cévního řečiště (ascites, jícnové varixy, portosystémová encefalopatie). Nemocní si stěžují na nepřekonatelnou únavu, slabost, vyčerpání, nechutenství, úbytek svalové hmoty, zvětšování břicha a otoky. U žen jsou časté poruchy menstruačního cyklu, muži si stěžují na pokles libida a potence. Časté jsou bolesti kloubů a páteře.

Závažné onemocnění jater má významný vliv na jejich porušenou metabolickou funkci, protože játra hrají klíčovou roli v metabolismu aminokyselin. Změněné spektrum aminokyselin se zvýšeným podílem aminokyselin aromatických může představovat zvýšené riziko vzniku jaterní encefalopatie. Poměr mezi rozvětvenými AMK (leucin + izoleucin + valin) a aromatickými (fenylalanin + tyrozin + tryptofan) označovaný jako tzv. *Fischerovo skóre* byl užíván k predikci rizika encefalopatie. V organizmu pacienta s pokročilou cirhózou však dochází k řadě dalších metabolických poruch, které ovlivňují jeho prognózu. U některých forem jaterní cirhózy s méně vyjádřenou složkou imunoaktivity byly zaznamenány povzbudivé výsledky parenterálního podávání směsi rozvětvených aminokyselin s ohledem na snížený výskyt jaterní encefalopatie, možné regenerace jaterního parenchymu a snížení výskytu tzv. jaterní kachexie. Byly významně sníženy hladiny aromatických aminokyselin, amoniaku a zvýšená hladina glutaminu (Holeček, 2010).

V kontextu s rozvojem programu transplantace jater bylo k predikci prognózy pacientů s jaterní cirhózou zavedeno tzv. *Melt skóre* (Model of End-Stage Liver Disease), využívající hodnot sérového kreatininu, bilirubinu a INR. V posledních letech je nahradilo *Child-Pugh skóre* dle klasifikace americké transplantační sítě (UNOS).



Ilustrační obrázek

Bylo opakovaně ukázáno, že u nemocných se závažným onemocněním jater je porušena hladina rozvětvených aminokyselin a významně deficitní mohou být hladiny valinu i ve vztahu k predikci prognózy nemocných. Klesá tudíž i proteosyntetická funkce jater a zvyšuje se riziko sarkopenie. Samotné podání roztoků obsahujících preferenčně rozvětvené aminokyseliny se snížením aminokyselin aromatických však jednoznačně pozitivní výsledek nepřineslo. Překvapivě významně však bylo prokázáno zmenšení sarkopenie adekvátním aerobním cvičením s úpravou proteozom-ubikvitinové kaskády.

Perorální podávání aminokyselin včetně jejich ketoanalog má, podobně jako u nefrologických nemocných, svoje limity v procesu transaminace závislé na metabolické funkci jater. Pokud tato klesá pod 20%, je perorální podávání aminokyselin a jejich ketoanalog neúčinné a může paradoxně vést ke zvýšení poolu katabolického dusíku. Méně časté jsou metabolické poruchy aminokyselin u jiných forem poškození jater.

V souvislosti s rozvojem metabolického syndromu je nyní časté postižení jater formou **steatofibrózy** – postižení jater u nemocných s obezitou, cukrovkou, poruchami metabolismu tuků a bílkovin, vzácněji u nemocných po operacích vyřazujících část tenkého střeva, s dlouhodobou nitrožilní výživou nebo vzácně u osob užívajících některé léky (např. metyropa, amiodaron, blokátory kalciových kanálů, estro-

geny). Tyto vedou ke strádání tuků v jaterních buňkách, u menší části nemocných se rozvíjí chronický zánět, který během let vede ke změnám podobným jako u incipientní fáze jaterní cirhózy. Méně časté progresivní pochody poškozuující jaterní parenchym jsou spojeny s výskytem **primární sklerozující cholangitidy** – chronického autoimunitního zánětu větších žlučových cest (buď uvnitř jater – intrahepatální cesty, nebo žlučovodu odvádějícího žluč z jater do dvanáctníku –extrahepatální cesty) – což vede k mětnání žluči a následné přestavbě jater. U většiny nemocných dochází současně k postižení střeva nespecifickým střevním zánětem, nejčastěji ulcerózní kolitidou či **kardiální cirhózou** – vzniká u nemocných s chronickým pravostranným srdečním selháním či konstriktivní perikarditidou v důsledku výrazného dlouhodobého překrvení jater.

prof. MUDr. Vladimír Teplan, DrSc.
Subkatedra nefrologie IPVZ Praha
Interní klinika FN Ostrava
a Interní katedra Ostravské univerzity
e-mail: vladimir.teplan@seznam.cz

Literatura

- Deutz, N. E. P., Boirie, Y., Roth, E., & Soeters, P. B. (2011). Proteins and amino acid metabolism. In Sobotka, L. (ed). *Basics in clinical nutrition* (4th ed., pp. 115–127). Praha, Czech Republic: Galen.
- Holeček, M. (2010). Three targets of branched-chain amino acid supplementation in the treatment of liver disease. *Nutrition*, 26(5), 482–490.
- Kinny-Köster, B., Bertels, M., Becker, S., Scholz, M., Thiery, J., Ceglarek, U., & Kaiser, T. (2016). Plasma amino acid concentrations predict mortality in patients with end-stage liver disease. *Plos One*, 13, 1–13.
- Plauth, M. (2011). Nutritional support in liver disease. In Sobotka, L. (ed). *Basics in clinical nutrition* (4th ed., pp. 466–473). Praha, Czech Republic: Galen.
- Rose, W. C. (1949). Amino acid requirements in man. *Fed Proc*, 8(2), 546 – 552.
- Szitanyi, P., et al. (2014). *Současné trendy v klinické výživě a intenzivní metabolické péči* (p. 120). Praha, Czech Republic: IPVZ.
- Teplan, V. (2000). Poruchy metabolismu bílkovin a aminokyselin. In Teplan, V. a kol. (eds.). *Metabolismus a ledviny* (pp. 35–42). Praha, Czech republic: Grada Avicenum.
- Toshikuni, N., Arisawa, T., & Tsutsumi, M. (2014). Nutrition and exercise in the management of liver cirrhosis. *World J Gastroenterol*, 20(23), 7286–7297.
- Wu, G. (2009). Amino acid metabolism, functions, and nutrition. *Amino Acids*, 37, 1–17.