

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2017

PAVLA GAZDÍKOVÁ

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav technologie potravin



Sacharidy ve výživě člověka
Bakalářská práce

Vedoucí práce:
prof. MVDr. Ing. Tomáš Komprda, CSc.

Vypracovala:
Pavla Gazdíková

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: „Sacharidy ve výživě člověka“ vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....
podpis

Poděkování:

Ráda bych poděkovala vedoucímu bakalářské práce prof. MVDr. Ing. Tomáši Komprdovi, CSc. za odborné vedení a ochotnou pomoc, cenné rady a literární prameny, které mi během zpracování bakalářské práce poskytl.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce popisuje význam a celkovou roli sacharidů ve výživě člověka. Podrobně pojednává o nejvýznamnějších zástupcích jednotlivých skupin sacharidů, jejich stavbě, funkci a výskytu. Poměrně značná část je zaměřena na potravní vlákninu a její účinky na lidský organizmus. Dále jsem věnovala pozornost trávení, vstřebávání a metabolismu sacharidů, v menší míře pak poruchám metabolismu. V rámci hladiny krevní glukózy jsou objasněny pojmy glykemický index a glykemická nálož. Kromě sacharidů jsou okrajově zmíněny i další fyziologické potřeby člověka. V závěrečné části bakalářské práce je popsán vliv sacharidů na jednotlivá onemocnění a s tím související doporučená konzumace sacharidů.

Klíčová slova: výživa, sacharidy, glukóza, potravní vláknina

ABSTRACT

This thesis describes the importance and the overall role of carbohydrates in human nutrition. It discusses the most significant representatives of each group of carbohydrates, their construction, function and appearance. A sizable part focuses on dietary fiber and its effects on the human body. I also pay attention on the digestion, absorption and metabolism of carbohydrates, and in a lesser extend on metabolism disorders too. In the context of the blood glucose levels I explain the concepts of glycemic index and the glycaemic load. I also marginally mentioned other physiological human needs, together with the carbohydrates topic. In the final part of the Bachelor thesis I described the effect of carbohydrates on the disease and related recommendation for the consumption of carbohydrates.

Keywords: nutrition, carbohydrates, glucose, dietary fibre

OBSAH

1	ÚVOD.....	8
2	CÍL PRÁCE.....	9
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED	10
3.1	Základy humánní výživy	10
3.1.1	Sacharidy.....	11
3.1.2	Lipidy.....	11
3.1.3	Bílkoviny.....	12
3.1.4	Vitaminy	12
3.1.5	Minerální látky.....	13
3.1.6	Voda.....	14
3.2	Podrobnější pojednání o sacharidech	14
3.2.1	Klasifikace sacharidů	15
3.2.2	Cukry.....	17
3.2.3	Oligosacharidy	20
3.2.4	Polysacharidy	21
3.2.5	Cukerné alkoholy	26
3.2.6	Potravní vláknina	27
3.2.7	Trávení a vstřebávání sacharidů.....	33
3.2.8	Metabolismus sacharidů	33
3.2.9	Glykemický index a glykemická nálož.....	37
3.2.10	Sacharidy a onemocnění.....	40
3.2.11	Doporučená konzumace sacharidů.....	43
4	ZÁVĚR.....	48
5	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	49
6	SEZNAM ZKRATEK	55
7	SEZNAM TABULEK	56
8	SEZNAM OBRÁZKŮ	56

1 ÚVOD

Téma bakalářské práce Sacharidy ve výživě člověka se zabývá základními lidskými živinami, převážně sacharidy, jejich rozdělením z hlediska chemické struktury a fyziologických účinků, zástupci jednotlivých skupin, zejména pak potravní vlákninou, a působením sacharidů na lidský organizmus, včetně jejich doporučené konzumace.

Zdraví člověka a životní aktivita je velmi úzce spjata s výživou člověka, která poskytuje lidskému organismu živiny nezbytné pro získání energie a plnění životních, pracovních, stavebních a mnoha dalších funkcí. Mezi základní lidské živiny patří sacharidy, lipidy a bílkoviny. Dalšími látkami potřebnými pro tělo člověka jsou kyslík, voda, vitaminy, minerální látky a vláknina.

Sacharidy jsou nepostradatelnou součástí každodenního příjmu potravy a rychlým zdrojem energie. Vznikají při procesu fotosyntézy a jsou nejvíce zastoupeny v rostlinných pletivech. Zásobním rostlinným polysacharidem je škrob, který se vyskytuje ve třech formách: rychle stravitelný škrob, pomalu stravitelný škrob a rezistentní škrob. Nejrozšířenějším monosacharidem v krvi je glukóza, která je hlavním zdrojem energie centrální nervové soustavy a červených krvinek. V souvislosti s hladinou glukózy v krvi jsou rozlišovány pojmy jako glykemický index a glykemická nálož, kterými se ve své bakalářské práci rovněž zabývám.

Značná část práce bude zaměřena na význam potravní vlákniny ve výživě, která je řazena mezi sacharidy. Okrajově bude popsáno trávení a vstřebávání sacharidů. Významný je též metabolismus sacharidů a jeho možné poruchy vzniklé především v důsledku deficitu některých enzymů.

Závěrečnou část bakalářské práce věnuji sacharidům v souvislosti s jejich vlivem na jednotlivá onemocnění, a to konkrétně obezitu, diabetes mellitus, kardiovaskulární onemocnění, gastrointestinální onemocnění a zubní kaz. Poslední kapitola bude zaměřena na doporučení týkající se konzumace sacharidů.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce bylo věnovat pozornost základním živinám potravy v rámci humánní výživy a zaměřit se především na problematiku sacharidů, jejich rozdělení, zastoupení a výskyt, včetně role potravní vlákniny ve stravě. Dále pak popsat metabolismus sacharidů a glykemický index potravin, obsahujících sacharidy. V neposlední řadě se zabývat sacharidy z hlediska zdravotních aspektů a výživových doporučení.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Základy humánní výživy

Věda o lidské výživě se zabývá účinky různých složek potravy na lidský organismus. Vychází se především z fyziologických a biochemických procesů výživy, tzn., jaké množství energie poskytují živiny v potravinách, jaký je průběh jejich převedení do tělních tkání nebo jaké jsou důsledky vyplývající z nedostatku či překročení dávky základních živin (Mann a Truswell, 2002).

Pojmem lidská výživa se rozumí zajištění živin potřebných pro udržení:

- Zdraví – výživa by měla sloužit k udržení stávajícího zdravotního stavu, lépe k podpoře zdraví (Pánek et al., 2002).
- Životní aktivity – plná výkonnost všech životních, ale také pracovních funkcí. Někteří moderní externisté doporučují taková omezení výživy, která sice mohou prodloužit dobu života, ale celková kvalita se sníží. Jedná se o omezení, která postačí k životu, ale ne aktivitám pro evropskou civilizaci (Pánek et al., 2002).
- Růstu – týká se mladistvých a dětí, v případě dospělých osob se bere v úvahu pouze soustavná obměna tkání, regenerace po těžkých operacích nebo nárůst svalové hmoty (Pánek et al., 2002).
- Rozmnožování – růst plodu v těle matky, výživa při kojení a spermatogeneze (Pánek et al., 2002).

Při zkoumání a naplnění lidské výživy je potřeba sledovat fyziologické aspekty (materiální potřeby organismu) a aspekty psychosociální a filozofické (vlastní pro člověka a lidskou společnost). Výživová hodnota vychází tedy nejen z hodnoty fyziologické (obsahu živin a jiných složek), ale také z hodnoty psychické a sociální. Základními fyziologickými potřebami ve výživě člověka jsou vzdušný kyslík, voda a živiny (nutrienty); (Pánek et al., 2002).

Živiny jsou látky, které zajišťují výživu buněk a tím celého lidského organismu (Turley a Thompson, 2013). Základními živinami jsou sacharidy, lipidy (tuky) a bílkoviny). Pro organismus člověka jsou zcela nezbytné také minerální látky (včetně stopových prvků), vitamíny, vláknina a voda. Přestože se vláknina řadí mezi sacharidy, nelze z ní získat žádnou energii, tzn., že nespĺňuje požadavky základních živin, proto je popisována ve výživových příručkách odděleně. Živiny jsou do organismu přijaty formou

potraviny a následně upraveny v trávicím traktu, tzn., že dochází k jejich rozkladu (strávení) v tenkém střevě na jednodušší součásti. Živiny mohou být dále vstřebány do krevního oběhu, který má za úkol vstřebané složky potravy roznášet po těle k jednotlivým orgánům, tkáním a buňkám. Využití látek v buňkách jednotlivých orgánů se označuje jako metabolismus (Komprda, 2009).

Za nejdůležitější funkci základních živin se považuje poskytování energie organismu. Ke tvorbě energie dochází také z obyčejné vody, která vzniká v buňkách slučováním prvků kyslíku a vodíku. Krevním oběhem z plic dodává kyslík buňkám barvivo hemoglobin, zatímco vodík je dodáván rozkladem živin (sacharidy, tuky a bílkoviny); (Komprda, 2009).

3.1.1 Sacharidy

Sacharidy zaujímají zvláštní místo v lidské výživě. Poskytují okamžitý zdroj energie v potravě a uspokojují instinktivní touhu po sladkosti (Brand-Miller, 2002). Některé sacharidy jsou pro určité typy buněk (například neurony či erytrocyty) esenciální. Sacharidy se mohou vyskytovat volné nebo vázané (například ve formě glykolipidů a glykoproteinů). Mohou být částečně syntetizovány z aminokyselin a glycerolu. Příjem sacharidů je nezbytný, aby se předešlo k odbourávání tkáňových proteinů a rychlé oxidaci, která je spojená se vznikem ketoacidózy (Pánek et al., 2002). Nejdůležitějším sacharidem je glukóza, která představuje základní „palivo“ pro mozek, rostoucí plod a je hlavním zdrojem energie pro jakoukoli svalovou činnost (Brand-Miller, 2002).

Podrobně je problematika sacharidů popsána v kapitole 3.2.

3.1.2 Lipidy

Podle skupenství jsou lipidy děleny na tuky a oleje. Nejdůležitější složkou lipidů z výživového hlediska jsou mastné kyseliny (nasycené SFA, mononenasycené MUFA a polynenasycené PUFA). Nepostradatelnými mastnými kyselinami pro tělo člověka jsou kyseliny linolová a alfa-linolenová z řady PUFA, n-6, respektive n-3 (Komprda, 2009). Většina tuků v naší stravě se nachází ve formě triacylglycerolů (90–95 %) a fosfolipidů. Doprovodnou látkou lipidů je cholesterol, nezbytný jako součást buněčných membrán a prekurzor syntézy hormonů. I přes různá dietní opatření v rámci redukce tuku, mají lipi-

dy nezastupitelnou roli v lidské výživě. Tučky jsou nejbohatším zdrojem energie ze všech živin a slouží k absorpci vitamínů rozpustných v tucích (Yaqoob, 2013).

Energie získaná z lipidů by neměla přesáhnout 30 % z celkového příjmu (Komprda, 2009).

3.1.3 Bílkoviny

Bílkoviny (proteiny) patří mezi hlavní živiny, na které jsou vázány všechny životní funkce. Zaujímají zhruba 17 % tělesné hmotnosti lidského těla a tvoří základ pro veškeré enzymy, řadu hormonů, hemoglobin, myoglobin, aktin, myozin, feritin, kolagen, globuliny, lipoproteiny, nukleoproteiny a mnoho dalších látek (Holeček, 2006). Podílejí se na struktuře orgánů (svaly, šlachy, kosti a další) a umožňují průběh biochemických reakcí v těle. Mohou přenášet některé látky (například transferin – přenáší železo v krevním oběhu). Bílkoviny jsou také imunoglobuliny chránící tělo před infekcí (Komprda, 2009).

Proteiny se skládají z aminokyselin, které jsou spojeny peptidickou vazbou (CO-NH); (Holeček, 2006). Aminokyseliny, které si lidský organizmus dokáže vytvořit, jsou označovány jako postradatelné. Aminokyseliny, které si organizmus nedovede vyrobit, a jsou získávány z potravy, se nazývají nepostradatelné. Bílkoviny se dělí podle obsahu nepostradatelných aminokyselin na plnohodnotné (bílkoviny mléka a vajec), téměř plnohodnotné (maso) a neplnohodnotné (rostlinné bílkoviny). Ve stravě by měla být zastoupena konzumace jak rostlinných, tak živočišných bílkovin (1:1). Doporučená denní dávka bílkovin se odhaduje na 1 g/kg tělesné hmotnosti dospělého člověka, v případě kojenců a dětí je to až dvojnásobné množství (Komprda, 2009).

3.1.4 Vitaminy

Vitaminy jsou organické sloučeniny uhlíku, vodíku a kyslíku. Některé z nich (například vitaminy B) obsahují ve své chemické struktuře také dusík. Jsou nepostradatelnou součástí živých systémů a nezbytné pro správnou funkci těla a udržení zdraví. Vitaminy se nacházejí v celé řadě rostlinných a živočišných potravin a jsou přidávány do mnoha zpracovaných potravin. Podle rozpustnosti se dělí vitaminy do dvou kategorií: vitaminy rozpustné v tucích a vitaminy rozpustné ve vodě (Turley a Thompson, 2013).

Vitaminy rozpustné v tucích

Mezi vitaminy rozpustné v tucích patří vitaminy A (retinol, retinal, kyselina retinová), E (alfa, beta, gama, delta-tokoferoly a tokotrienoly), dále pak vitamin D (1,25 dihydroxycholecalciferol) a vitamin K (fylochinon a menachinon). Prekurzorem vitamínu A je rostlinné barvivo beta-karoten (provitamin A); (Turley a Thompson, 2013).

Vitaminy rozpustné ve vodě

Vitaminy rozpustnými ve vodě jsou thiamin (B₁), riboflavin (B₂), niacin (B₃), vitamin B₆ (pyridoxol, pyridoxal a pyridoxamin), vitamin B₁₂ (kyanokobalamin), kyselina pantothenová, biotin, kyselina listová a vitamin C (kyselina askorbová); (Turley a Thompson, 2013).

Přestože mnoho dalších sloučenin vykazuje aktivitu vitaminů, nejsou za vitaminy považovány a není pro ně stanovena doporučená denní dávka (DRI); (Turley a Thompson, 2013).

Nedostatečné nasycení organismu určitým vitaminem se označuje jako hypovitaminóza, na které má svůj podíl nedostatek příjmu ovoce a zeleniny. V případě úplného nedostatku jde o tzv. avitaminózu, která může být příčinou velmi vážných zdravotních poruch (Komprda, 2009).

3.1.5 Minerální látky

Spolu s vitaminy nejsou považovány za základní živiny, přestože jsou pro lidský organismus nepostradatelné a zajišťují životně důležité funkce. Minerální látky se dělí dle obsahu v lidském těle na majoritní, které se vyskytují v množství několika málo gramů (například draslík, sodík, hořčík, vápník, fosfor, chlor a síra), dále na minoritní (například železo, fluor a zinek) a v neposlední řadě na stopové prvky (například měď, jod, selen a jiné) v množství pouze tisícin až setin gramů (Komprda, 2009).

Z kvalitativního hlediska mohou být stopové prvky rozděleny na esenciální, neesenciální a toxické. Esenciální stopové prvky jsou přítomny ve všech zdravých buňkách a plní řadu biologických funkcí (například stavba biologických struktur, biokatalýza, hormonální regulace a ochranná funkce). Vyloučení esenciálního prvku ze stravy může mít za následek fyziologické abnormality, v případě úplné eliminace až smrt. Ne-

esenciální stopové prvky jsou pro lidský organizmus netoxické a fyziologicky indiferní. Toxickými prvky jsou například olovo, kadmium, rtuť a arsen (Komprda, 2003).

3.1.6 Voda

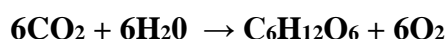
Voda v lidském těle plní hned několik funkcí: tvoří prostředí pro životní děje, funguje jako rozpouštědlo pro většinu živin, účastní se řízení toku energie, udržuje koloidy v rozpuštěném stavu a díky své velké tepelné kapacitě hraje důležitou roli v tepelném hospodářství. Obsah vody v těle tvoří v průměru 45–75 % a je ovlivněn věkem, dehydratací organismu, pohlavím a individuálními rozdíly (například množstvím tělesného tuku); (Pánek et al., 2002).

Doporučená denní dávka pro ženy je 2,7 litrů, v případě mužů 3,7 litrů za den. Potřeba vody je však individuální a záleží na aktivitě jedince a podmínkách prostředí (Turlay a Thompson, 2013).

Pro každodenní konzumaci je doporučeno pít čisté vody (Pánek et al., 2002). Do pitného režimu je možné zařadit i přírodní minerální vody, nejlépe bez oxidu uhličitého a s obsahem rozpuštěných látek v rozmezí 50–500 mg/l. Vody s vysokým nebo naopak nízkým obsahem minerálních látek jsou určeny pouze pro doplnění a zpestření pitného režimu. Národní referenční centrum pro pitnou vodu státního zdravotního ústavu považuje za optimální hodnoty rozpuštěných látek ve vodě 150–400 mg/l (Petrová a Stávková, 2015).

3.2 Podrobnější pojednání o sacharidech

Sacharidy patří do bohaté a rozmanité třídy organických sloučenin, které se vyskytují v přírodě. Vyskytují se například v potravinách, nutraceutikách, léčivech, textilu a papíru. Sacharidy vznikají procesem označovaným jako fotosyntéza, dle následující rovnice (Cui, 2005):



Největší zastoupení mají v rostlinných pletivech, kde tvoří zhruba 85–90 % sušiny. V případě živočišných tkání se jedná jen o několik málo procent a patří mezi stabilní

složku všech buněk. Základní funkce sacharidů spočívají především ve využití energie. Dále tvoří základní a stavební jednotky mnoha buněk. Rovněž chrání buňky před působením různých vnějších vlivů a v neposlední řadě představují biologicky aktivní látky (Velíšek a Hajšlová, 2009).

Za nesprávné označení sacharidů v češtině jsou považovány názvy jako *uhlovodany* nebo *karbohydráty*, pocházející z anglického slova *carbohydrates* (Trnka, 2002).

Z chemického hlediska jsou sacharidy označovány jako polyhydroxyaldehydy (RCH=O), respektive polyhydroxyketony ($\text{R}_1\text{R}_2\text{C=O}$); (Komprda, 2003).

V legislativě dle vyhlášky č. 450/2004 Sb. jsou definovány sacharidy, cukry a vláknina. Za sacharidy jsou považovány jakékoliv sacharidy, které jsou metabolizovány člověkem, včetně vícesytných alkoholů (polyolů). Mezi cukry patří monosacharidy a disacharidy. Vlákninou se rozumí polysacharidy s třemi nebo více monomerními jednotkami, které nejsou tráveny ani vstřebávány v tenkém střevě člověka. Celkový obsah sacharidů, cukrů, vlákniny a polyolů, musí být dle zákona uveden na obalech potravin (Vyhláška MZe č. 450/2004 Sb.).

3.2.1 Klasifikace sacharidů

Sacharidy je možné dělit několika způsoby, buď podle jejich chemické struktury, nebo na základě fyziologických účinků (Gray, 2003).

3.2.1.1 Klasifikace dle chemické struktury

V rámci zprávy, uveřejněné Organizací pro výživu a zemědělství (FAO) a Světovou zdravotnickou organizací (WHO) v roce 1998, by měly být sacharidy rozděleny zejména podle stupně polymerace (DP), tedy podle počtu monosacharidových jednotek. Tento způsob klasifikace dělí sacharidy na cukry, oligosacharidy, polysacharidy a cukerné alkoholy (polyoly). Klasifikace sacharidů dle chemické struktury je uvedena v tabulce č. 1 (Gray, 2003).

Tabulka č. 1: Klasifikace sacharidů dle FAO/WHO (Gray, 2003)

Rozdělení hlavních sacharidů v potravě podle struktury	
Skupiny a podskupiny (DP*)	Příklady
Cukry (1–2) Monosacharidy Disacharidy	Glukóza, galaktóza, fruktóza, tagatóza Sacharóza, laktóza, trehalóza, maltóza, iso- maltóza
Oligosacharidy (3–9) Maltooligosacharidy Jiné oligosacharidy	Maltodextriny Rafinóza, stachyóza, fruktooligosacharidy, galaktooligosacharidy
Polysacharidy (>9) Škrob Neškrobové polysacharidy	Amylóza, amylopektin, modifikované škroby Celulóza, hemicelulóza (galaktany, arabi- noxilany), pektiny, inulin, hydrokoloidy
Cukerné alkoholy (polyoly) Monosacharidového typu Disacharidového typu Oligosacharidového typu Polysacharidového typu	Sorbitol, mannitol, xylitol, erythritol Izomaltol, laktitol, maltitol Maltitolový sirup, škrobové hydrolyzáty Polydextróza
*DP = stupeň polymerace	

3.2.1.2 Klasifikace dle fyziologických účinků

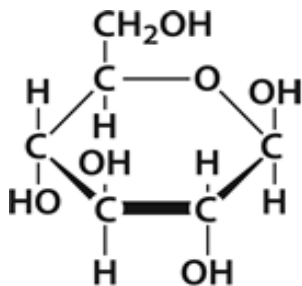
FAO/WHO doporučuje rozdělení sacharidů z hlediska fyziologických účinků na stravitelné a nestravitelné. Stravitelné (využitelné) sacharidy jsou tráveny a vstřebávány v tenkém střevě. Oproti tomu sacharidy nestravitelné unikají trávení a resorpci v této části trávicího traktu. Takové sacharidy jsou označovány jako potravní vláknina (Gray, 2003).

3.2.2 Cukry

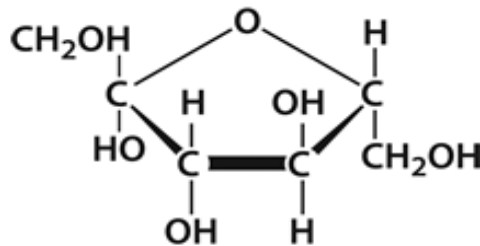
3.2.2.1 Monosacharidy

Nejjednodušší formou sacharidů jsou monosacharidy (obrázek č. 1), které nemohou být dále hydrolyzovány do menších podjednotek. Monosacharidy lze rozdělit do několika kategorií podle jejich délky řetězce. Z nutričního hlediska jsou nejvýznamnější hexózy, tvořené šesti atomy uhlíku, a pentózy s počtem pěti atomů uhlíku v molekule (Stylianopoulos, 2005).

Monosacharidy se podílejí na celkovém příjmu energie z 25 %. Při příjmu monosacharidů potravou dochází k jejich resorpci (vstřebávání) v tenkém střevě, odkud se dostávají do jater a zde jsou metabolizovány na glukózu. Následně je glukóza buď oxidována, přičemž vzniká oxid uhličitý, voda a energie, nebo může být skladována formou glykogenu v játrech (svalech). Mezi kvantitativně nejvýznamnější monosacharidy patří glukóza a fruktóza, jejichž zdrojem je převážně ovoce, zelenina a med (Komprda, 2003).



Glukóza



Fruktóza

Obrázek č.1: Strukturní vzorce monosacharidů glukózy a fruktózy (Robertson, 2010)

Glukóza

Glukóza je nejvíce zastoupeným cukrem v krvi. Tento cukr vzniká za účasti rostlinného barviva chlorofylu v buněčných organelách chloroplastech při procesu fotosyntézy. Energie uvolněná štěpením glukózy se ukládá do molekul ATP (Mcguire a Beerman, 2013).

Je upřednostňovaným zdrojem energie centrální nervové soustavy a také jediným zdrojem energie červených krvinek. Glukóza může být využita pro syntézu dalších látek

v těle. Příkladem může být převedení glukózy na tuk pro dlouhodobé skladování energie nebo ukládání glukózy v těle ve formě živočišného polysacharidu glykogenu (Mcguire a Beerman, 2013). Glukóza může být rovněž přeměňována na další cukry (např. galaktózu a ribózu); (Pánek et al., 2002).

Fruktóza

Spolu s glukózou patří mezi hexózy také fruktóza. Bohatým zdroje fruktózy je ovoce a zelenina, avšak většina fruktózy ve vyspělých zemích pochází z potravin obsahující vysoký podíl fruktózo-kukuřičného sirupu. Vysokofruktózový kukuřičný sirup (HFCS) patří mezi nejrozšířenější sladidlo obsažené v nealkoholických nápojích, ovocných šťávách a mnoha dalších potravinách. Tento sirup je velmi oblíbený u výrobců potravin, především v USA, jelikož je složen z téměř stejného množství glukózy a fruktózy a jeho energetický příjem se pohybuje kolem 7 %. Ministerstvo zemědělství v USA odhaduje průměrnou spotřebu Američana na necelých 16 kg HFCS za rok. Skutečnost je taková, že potraviny slazené HFCS již dnes převládají nad potravinami slazenými cukrem. Podle některých vědců nadměrná konzumace HFCS přispívá k epidemii obezity (Mcguire a Beerman, 2013).

Galaktóza

Galaktóza se spolu s glukózou nachází v mléce. Vyskytuje se také v oligosacharidech rostlinného původu, a to v kombinaci s glukózou a fruktózou (FAO, 1980).

Velká část galaktózy v naší stravě pochází právě z disacharidu laktóza, vyskytujícího se v mléčných výrobcích. Naše tělo využívá galaktózu k vytvoření jednotlivých složek buněčných membrán a k syntéze laktózy, jakožto nejdůležitějšího cukru mateřského mléka. Převážná část galaktózy je však přeměněna v těle na glukózu a využita jako zdroj energie (ATP); (Mcguire a Beerman, 2013).

3.2.2.2 Disacharidy

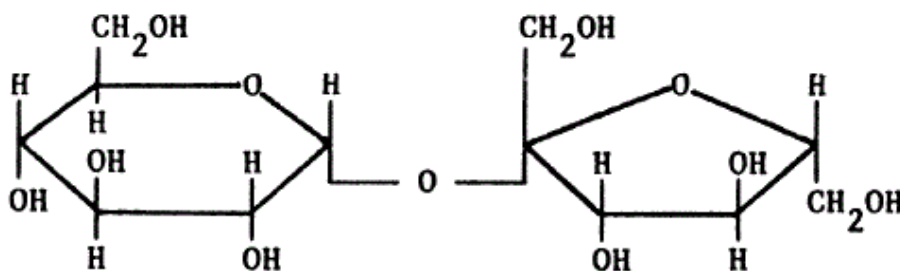
Sacharidy se dvěma základními jednotkami v molekule se označují disacharidy. Mezi tři nejčastěji se vyskytující disacharidy patří sacharóza, laktóza a maltóza. Sacharóza sestává z jedné molekuly glukózy a jedné molekuly fruktózy. Laktóza je tvoře-

na molekulami glukózy a galaktózy. Ze dvou molekul glukózy je složen disacharid maltóza (Turley a Thompson, 2013).

Sacharóza

Z chemického hlediska se jedná o α -D-glukopyranosyl- β -D-fruktofuranosid (obrázek č. 2) a řadí se mezi neredukující cukry. Příjem sacharózy má z fyziologického hlediska velký vliv na hladinu krevní glukózy neboli glykémii. Sacharóza spadá mezi tzv. kariogenní složky potravy, které se podílí na tvorbě zubního kazu (Komprda, 2003).

Termínem cukr se všeobecně označuje purifikovaná (čistá) sacharóza, která se nachází v ovoci, zelenině a javorovém sirupu. Purifikovaná sacharóza se používá jako složka potravin, získaná z cukrové řepy, případně i třtiny. Sacharóza je rovněž nepostradatelnou složkou pečiva, cukrovinek, zmrzlin, dezertů a nealkoholických nápojů (Gray, 2003).

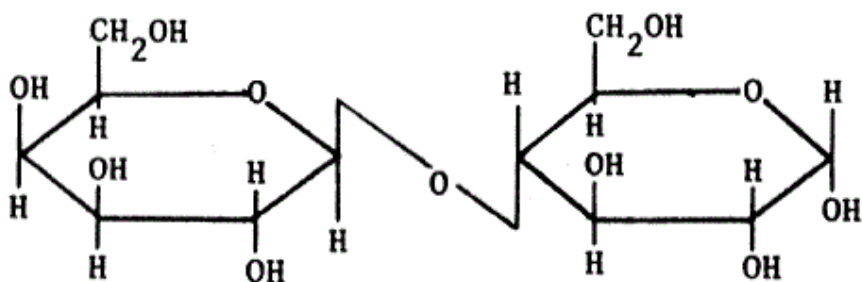


Obrázek č. 2: Strukturní vzorec sacharózy (Tacon, 1987)

Laktóza

Laktóza neboli mléčný cukr (obrázek č. 3) se kromě mléka a mléčných výrobků vyskytuje v potravinových produktech, jako jsou pekařské výrobky nebo potraviny s obsahem syrovátky (Gray, 2003).

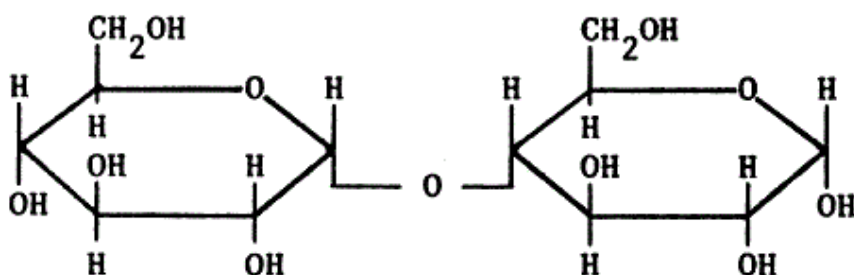
Chemicky se jedná o β -D-galaktopyranosyl-D-glukopyranózu a patří mezi redukující cukry. V kravském mléce se podíl laktózy pohybuje kolem 4–5 %. Z hlediska fyziologie výživy je laktóza po příjmu v potravě hydrolyzována v tenkém střevě enzymem laktázou a v porovnání se sacharózou je méně kariogenní (Komprda, 2003). Laktóza snadno podléhá bakteriálnímu kvašení (Tacon, 1987).



Obrázek č. 3: Strukturální vzorec laktózy (Tacon, 1987)

Maltóza

Jedná se o redukující cukr (obrázek č. 4), rozpustný ve vodě. Maltóza se vyskytuje v přírodě, ale jedná se rovněž o výrobek získaný v průběhu enzymatické degradace škrobu. Příkladem může být výroba ze škrobu během klíčení ječmene, při kterém působí enzym amyláza. Po vyklíčení a usušení ječmene se hojně využívá při výrobě piva a sladové whisky (Tacon, 1987).



Obrázek č. 4: Strukturální vzorec maltózy (Tacon, 1987)

3.2.3 Oligosacharidy

Mezi oligosacharidy vyskytující se v rostlinných semenech, převážně v luštěninách, patří rafinóza, stachyóza a verbaskóza. Tyto oligosacharidy jsou tvořeny galaktózou, glukózou a fruktózou. Fruktooligosacharidy sestávají ze zbytků fruktózy připojených ke glukóze. Přirozeně se vyskytují v zelenině a obilovinách (Mann a Truswell, 2002). Ze zeleniny se jedná například o česnek, cibuli, chřest, čekanku a jeruzalémské artyčoky, v případě obilovin jde především o pšenici a rýži (Gray, 2003). Mohou být vyráběny také průmyslově (Mann a Truswell, 2002).

V posledních letech byl zaznamenán na trhu vývoj galaktooligosacharidů a kondenzovaných oligosacharidů. Přestože byly tyto oligosacharidy zpočátku nedoceny,

v dnešní době mají poměrně velký fyziologický význam. Maltooligosacharidy vznikají hydrolýzou škrobu a jsou přítomny v glukózovém sirupu (Gray, 2003).

3.2.4 Polysacharidy

Podle FAO (Organizace pro výživu a zemědělství) se polysacharidy dělí na škroby a neškrbové polysacharidy. Jejich součástí jsou polydextrózy, inulin, ale také polymery glukózy a fruktózy, které se využívají jako plnidla nebo náhrada sacharózy v potravinářských výrobcích (Gray, 2003).

Polysacharidy, které se skládají z monosacharidů stejného druhu, se označují jako homopolysacharidy. V případě zastoupení různých cukrů v řetězci jde o heteropolysacharidy. Za stavební jednotky polysacharidů jsou považovány pentózy, hexózy a uronové kyseliny, ze kterých jsou vzniklé homopolysacharidy označovány názvy pentosany, hexosany a glykuronany (Trnka, 2002).

3.2.4.1 Škrob

Zásobním polysacharidem rostlin je škrob, který z fyziologického hlediska patří mezi polysacharidy využitelné. Skládá se z amylozy a amylopektinu. Na základě stravitelnosti rozlišujeme škrob rychle stravitelný, pomalu stravitelný a škrob rezistentní (Komprda, 2003).

Rychle stravitelný škrob

Jedná se o škrob, který je úplně stráven a resorbován v tenkém střevě. Hlavním zdrojem jsou vařené škrobnaté potraviny, zejména brambory, ale také čerstvý chléb (Komprda, 2003).

Pomalou stravitelný škrob

Tento škrob je v tenkém střevě stráven pomalu, ale opět celý. Vyskytuje se převážně v syrových cereáliích, v částečně vymletých zrnech a v semenech (Komprda, 2003).

Rezistentní škrob (RS)

V případě rezistentního škrobu nedochází k trávení ani jeho resorpci v tenkém střevě, ale dostává se do tlustého střeva (Komprda, 2003). Dělí se do 4 následujících skupin: RS1, RS2, RS3 a RS4 škrob. RS1 škrob se vyskytuje v neporušených zrnech a semenech (Gray, 2003). Dále se nachází se v technologicky zpracovaných škrobnatých potravinách (např. špagety ze semolinové pšenice); (Komprda, 2003). Co se týče škrobu RS2, ten se vyskytuje v bramborách a nezralých banánech. Škrob RS3 je retrogradovaný a nalézá se ve starém (okoralém) chlebu (Komprda, 2003). V neposlední řadě je tu chemicky modifikovaný RS4 škrob (Gray, 2003).

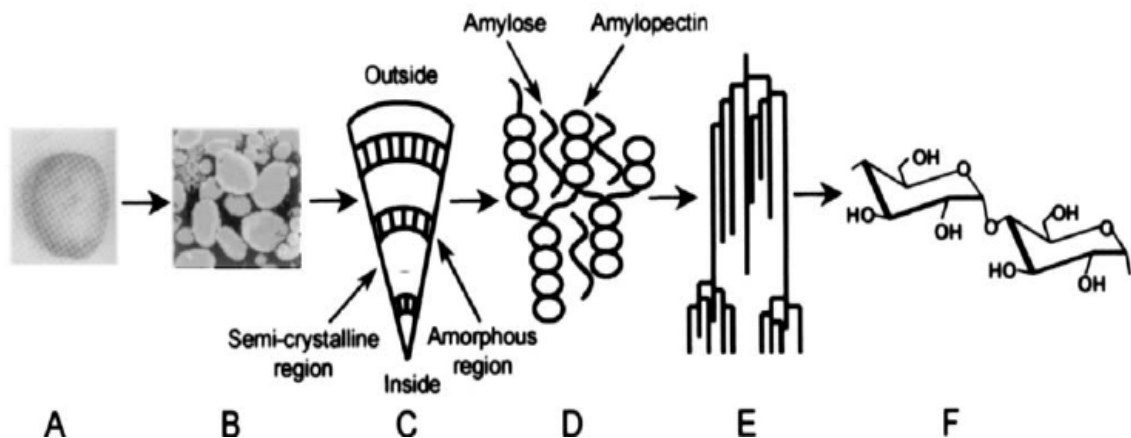
Mezi potraviny s vysokým obsahem škrobu patří obiloviny (například pšenice, rýže, kukuřice), dále pak luštěniny (například fazole) a v neposlední řadě také kořenová zelenina (například brambory). Obsah amylózy a amylopektinu v potravinách je popsán v tabulce č. 2. Malé množství škrobu se pak nachází v ovoci (například banány), zelenině, kořenech a hlízách. V rostlinách se molekuly škrobu vyskytují ve formě granulí v podobě amylózy a amylopektinu (obrázek č. 5). Řetězec amylózy je tvořen glukózovými jednotkami, spojenými α 1,4-glykosidickými vazbami. Amylopektin je rozvětveným řetězcem, který se skládá z glukózových jednotek, spojených α 1,6-glykosidickými vazbami. Ve většině škrobu je poměr amylózy a amylopektinu 1:3, ale některé odrůdy kukuřice a rýže obsahují pouze amylopektin (Brand-Miller, 2002).

Tabulka č. 2: Orientační obsah amylozy a amylopektinu v běžných potravinách obsahujících škrob (Thomas a Atwell, 1999)

Typ škrobu	Obsah amylozy (%)	Obsah amylopektinu (%)
Kukuřice setá (koňský zub)	25	75
Kukuřice vosková	<1	>99
Tapioka	17	83
Brambor	20	80
Kukuřice s vysokým obsahem amylozy	55-70 (nebo vyšší)	45-30 (nebo nižší)
Pšenice	25	75
Rýže	19	81

Každá granule škrobu je obklopena tenkou vrstvou celulózy, která má za následek jejich nerozpustnost ve vodě. V tomto případě se mluví o tzv. semikrystalické struktuře škrobu. Vaření či zahřátí v přítomnosti vlhkosti podpoří prasknutí membrány, což dále vede k absorpci vody škrobem, který v důsledku tepla podlehne želatinizaci (mazovatění). Pokud je škrob vystaven suchému teplu, dochází ke tvorbě dextrinu, který zprostředkovává rozklad škrobu, a to v následujícím pořadí: dextrin → maltóza → glukóza. Příkladem může být opékání chlebu, při kterém je převeden škrob na dextrin, který způsobuje charakteristickou chuť toustu (Tacon, 1987).

Škrob je hydrolyzován řadou trávicích enzymů, vyskytujících se jak u lidí, tak u zvířat. Sliny člověka a drůbeže produkují α -amylázy štěpící škrob, který zůstává v ústech po krátkou dobu, po kterou sliny způsobují malé změny. Při trávení hraje důležitou roli slinivka břišní produkující α -amylázu, která se dostává do dvanácterníku, ze kterého odchází trávenina do střevního lumen. Zde dochází k hydrolyze α 1,4-glykosidických vazeb, a tím ke tvorbě cukrů (glukózy), oligosacharidů a dextrinů (Tester et al., 2004).



Obrázek č. 5: Stavba bramborového škrobu. A: hlíza; B: elektronový mikroskopický obraz škrobových zrn; C: řez škrobu granulí ukazující letokruhy tvořených semikrystalickou a amorfni oblastí; D: detail semikrystalické oblasti; E: organizace molekuly amylopektinu do stromové struktury; F: dvě molekuly glukózy s 1,4-glykosidickou vazbou (van der Maarel et al., 2002)

3.2.4.2 Neškrobové polysacharidy

Neškrobové polysacharidy (NPS) sestávají ze směsi různých polysacharidů, které obsahují pentózy (xylóza a arabinóza) nebo hexózy (rhamnóza, manóza, glukóza a galaktóza) a uronové kyseliny. Některé z NPS jsou součástí rostlinných buněk, jiné se vyskytují ve formě gum a slizů (Gray, 2003).

NPS jsou přirozenou součástí velkého množství potravin. Jejich fyzikálně-chemické a biologické vlastnosti korespondují s vlastnostmi potravní vlákniny. Z fyziologického hlediska vykazují neškrobové polysacharidy různé účinky v tenkém a tlustém střevě, proto mají velký podíl na zdravotním stavu člověka. Mezi specifické vlastnosti potravních NPS patří rozpustnost ve vodě, viskozita, objem a zkvasitelnost (Kumar, 2012).

Celulóza

Jedná se o nejrozšířenější organickou sloučeninu v přírodě a nachází se v buněčných stěnách vyšších rostlin (Velíšek a Hajšlová, 2009). Její další funkce spočívají v zajištění pevnosti, tuhosti a strukturní stability vlákniny. Z chemického hlediska se jedná o (1→4)- β -D-glukan (Thakur, 2015). Velké množství celulózových řetězců vytváří svazky, ve kterých jsou jednotlivé řetězce spojeny vodíkovými vazbami, a proto je

celulóza nerozpustná v běžných rozpouštědlech a její vlákna jsou velmi pevná. V potravinářství se používá karboxymethylcelulóza nebo ethery celulózy jako emulgátory k potahování tablet (Trnka, 2002). Zaujímá zhruba třetinu vlákniny zeleniny a čtvrtinu vlákniny ovoce a obilí (Kalač, 2008).

Hemicelulóza

Hemicelulózy se nachází v potravinách rostlinného původu ve formě rozpustné i nerozpustné. Mezi hemicelulózy se řadí velké množství různých polysacharidů tvořících rozvětvené a lineární řetězce pentózových (xylóza a arabinóza) a hexózových jednotek (glukóza, galaktóza, manóza, ramnóza, kyselina glukuronová a galakturonová). Zvláštní skupinou jsou beta-glukany, které se dostaly do popředí zájmu jako tzv. rozpustná vláknina. Jsou přítomny v buněčných stěnách ovsa a ječmene. Mezi potraviny s obsahem beta-glukanů patří například ovesné otruby (Gray, 2003).

Hemicelulózy představují téměř třetinu vlákniny zeleniny ovoce a luštěnin. V buněčných stěnách jsou zpevnovány složitým polyfenolem zvaným lignin, který se nachází se ve vnějších vrstvách obilek (v otrubách kolem 8 %) a zdřevnatělých pletivech (např. kedluben, celer); (Kalač, 2008).

Pektiny

Pektinové látky jsou komplexní skupiny polysacharidů, které jsou tvořeny především kyselinou D-galakturonovou (Dhingra et al., 2012). Jsou řazeny mezi vysokomolekulární biopolymery, které se strukturou podobají celulóze. Tvoří základ střední lamely, která vzniká při dělení buněk (Lutonská a Pichl, 1983).

V buněčných stěnách rostlin jsou pektiny konstrukčními částmi, vysoce rozpustnými ve vodě a metabolizovány střevními bakteriemi. Na základě svých želírujících vlastností přispívají ke snížení rychlosti žaludečního vyprazdňování a mají vliv na operační čas tenkého střeva, což vysvětluje jejich hypoglykemické vlastnosti (Dhingra et al., 2012).

V zelenině a luštěninách zaujímají pektiny až pětinu vlákniny. Izolují se z nezralého ovoce, například z citronů, angreštu a jablka, nebo z cukrové řepy za účelem jejich využití jako želírujících přísad do marmelád a džemů (Kalač, 2008).

Hydrokoloidy

Hydrokoloidy nebo také gummy jsou různorodou skupinou dlouhých řetězců polymerů, pro které je charakteristická viskózní disperze a želírovací schopnost. Poprvé byly tyto látky nalezeny v exsudátech stromů a keřů, ve výtažcích z rostlin nebo z chaluhy, v gumových slizích z fermentačních procesů a dalších přírodních produktech. Kromě želírování vykazují hydrokoloidy celou řadu jiných vlastností, například zahušťování, emulgaci, stabilizaci nebo lakování (Milani a Maleki, 2012).

3.2.5 Cukerné alkoholy

Cukerné alkoholy neboli polyoly (polyalkoholy) jsou chemicky reduované formy cukrů, mezi něž patří například sorbitol, xylitol, mannitol, maltitol a erythritol (tabulka č. 3). Jedná se o látky, které si udržují svou sladkou vlastnost, ale z fyziologického hlediska se chovají odlišně. Některé z nich se vyskytují v malém množství v ovoci, ale jejich hlavní účel spočívá v použití jako náhražek cukru v potravinářských produktech. Důvodem využití těchto sacharidů v potravinářství jsou především jejich fyzikálně-chemické vlastnosti a relativní sladivost. Polyalkoholy monodisacharidového a disacharidového typu chrání před vznikem zubního kazu a mají nízký obsah energie a malou glykemickou odpověď. Velké využití mají při výrobě žvýkaček (Gray, 2003).

Polyoly nachází uplatnění také v prevenci stresových faktorů nebo například peroxidace lipidů v rostlinných buňkách (Velíšek a Hajšlová, 2009).

Tabulka č. 3: Průměrná sladivost a nejčastější výskyt polyalkoholů (IFIC, 2009)

Polyalkoholy			
Typ	Kalorie/gram	Průměrná sladivost (sacharóza) =100%)	Výskyt
Sorbitol	2.6	50–70 %	Bonbony bez cukru, žvýkačky, mražené dezerty a pečivo
Xylitol	2.4	100 %	Žvýkačky, tvrdé bonbóny, léčiva a produkty ústní hygieny, sirupy proti kašli, dětské žvýkácké multivitaminy, zubní pasty a ústní vody; v potravinách pro zvláštní dietní účely
Maltitol	2.1	75 %	Tvrdé bonbóny, žvýkačky, čokolády, pečivo a zmrzliny
Isomaltol	2.0	45–65 %	Bonbóny, karamely, lízátko, oplatky, kapky proti kašli,
Laktitol	2.0	30–40 %	Čokoláda, některé pečené výrobky (sušenky a koláče), tvrdé a měkké bonbóny a mražené mléčné dezerty
Mannitol	1.6	50–70 %	Práškové směsi pro žvýkačky, přísada s čokoládovou příchutí pro nátěr zmrzlin a cukrovinek
Erythritol	0–0.2*	60–80 %	Sladidlo v nízkokalorických potravinách
Hydrogenovaný škrob Hydrolyzáty (HSH)	3	25–50 %	Sladidlo v nízkokalorických potravinách, DIA produkty

* FDA (Food and Drug Administration) akceptuje 0,2 kcal/g, ale některé jiné země jako Japonsko a Evropská unie, akceptují 0 kcal/g.

3.2.6 Potravní vláknina

Pojem vláknina je stále diskutabilním tématem především pro ty, kteří se zaměřují na výživové hodnoty potravin a krmiv. Hraje důležitou roli při hodnocení kvality potravin rostlinného původu, krmiv, rovněž při zjišťování příměsí, ale také při sestavování tabulek s obsahem živin (Lutonská a Pichl, 1983).

3.2.6.1 *Definice a stanovení vlákniny*

Poprvé byl termín potravní vláknina použit v roce 1953. Další řada let s sebou přinesla různé možnosti, jak definovat tento pojem, avšak jednotlivé definice vycházely pouze z postupů analytického stanovení vlákniny. V posledních několika letech došli odborníci k názoru, že tento termín musí vycházet z fyziologického pohledu vlákniny, nikoli z metod stanovení. Klíčovou roli při hledání definice sehrála nestrávitelnost vlákniny. To znamená, že vláknina obsahuje látky, které nejsou štěpeny a vstřebány, ale ani vstřebány přímo, bez štěpení, v tenkém střevu, a přecházejí do tlustého střeva. Jedná se však pouze o zjednodušení, protože v případě rezistentního škrobu (složka vlákniny), se míra stravitelnosti u jednotlivců liší a je ovlivněna zvykáním a rychlostí průchodu trávicím traktem. Tato problematika stále neexistující a mezinárodně uznávané jednotné definice vlákniny však může mít značný dopad především na výživová doporučení a legislativu (Kalač, 2008).

Pod původním názvem vláknina se skrýval souhrn látek rostlinného původu, které v nativním stavu prochází trávicí soustavou a nepodléhají enzymatickému štěpení ani resorpci (Lutonská a Pichl, 1983).

Podle nejnovější definice se potravní vláknina skládá z polymerních sacharidů a neškrobových polysacharidů, které jsou součástí buněčných stěn a patří mezi ně již výše popsané látky jako celulóza, hemicelulóza, pektiny a další polysacharidy rostlinného původu. Mezi ostatní komponenty jsou zahrnuty také nestrávitelné polysacharidy jako inulin a rezistentní škrob. Mezi poslední definici jsou začleněny tzv. analogické nestrávitelné polysacharidy, které beze změny prochází tenkým střevem. Typickými příklady jsou rezistentní škrob, rezistentní maltodextriny, fruktooligosacharidy, galaktooligosacharidy, modifikované celulózy a syntetické polymery sacharidů, například polydextróza. Podle standardu Codex Alimentarius jsou do definice vlákniny zahrnuty polymerní sacharidy se stupněm polymerace, který není nižší než 3. Mohou se vykytovat přirozeně nebo extrahované z potravinářských surovin (Gray, 2006).

Zlatým standardem pro stanovení vlákniny je metoda AOAC (Association of Official Analytical Chemists). Jedná se o enzymaticko-gravimetrickou metodu, jejíž postup byl navržen k měření rozpustné i nerozpustné vlákniny (McCleary, 2003).

Vzhledem k různorodosti složek však nelze vlákninu stanovit jedinou metodou. Například standardní nebo jiné metody pro analýzu vlákniny nebo neškrobových polysa-

charidů neměří oligosacharidy, které jsou rozpustné v alkoholu. Příkladem jsou i výrobci ve Velké Británii, kteří se řídí pokyny AOAC, zatímco jejich tabulkové hodnoty a doporučený příjem vlákniny vychází z tzv. Englystovy metody (Gray, 2006).

3.2.6.2 Rozdělení vlákniny

Z výživového hlediska byly jednotlivé složky vlákniny tradičně děleny podle rozpustnosti. Hlavními znaky udávající rozpustnost měly být viskozita a schopnost tvořit gel v tenkém střevě (Gray, 2006). Složkami rozpustné vlákniny jsou pektiny, některé druhy hemicelulózy, dále pak beta-glukany, slizy a gummy (Brand-Miller, 2002). Nerozpustná vláknina měla mít údajně větší vliv na funkci střev. Mezi složky nerozpustné vlákniny patří především celulóza, některé druhy hemicelulózy, monosacharidy (například glukóza, galaktóza) a xylóza spolu s ligninem (Gray, 2006).

Podle Světové zdravotnické organizace a Organizace pro výživu a zemědělství je rozdělení na základě rozpustnosti velmi zavádějící, a proto jej doporučuje nepoužívat. Důvodem bylo zjištění, že některé rozpustné vlákniny neovlivňují absorpci glukózy a tuků a některé nerozpustné vlákniny jsou rychle zkvašovány (Gray, 2006).

3.2.6.3 Zdroje vlákniny

Mezi hlavní potravinové zdroje vlákniny a nestravitelné sacharidy patří potraviny rostlinného původu jako obiloviny, luštěniny, zelenina, ovoce a semena. Hlavní zdroje vlákniny a její složky jsou popsány v tabulce č. 4. Nejvíce konzumovanými obilovinami jsou pšenice, rýže, kukuřice, oves a žito. V menším množství se konzumují ječmen, triticales, čirok a proso. Divoká rýže, pohanka, amarant a merlík čilský (quinoa) nejsou botanicky klasifikovány jako celá zrna, ale přesto jsou s nimi spojována na základě jejich podobného složení. Celé zrno je složeno z ochranné slupky, z aleuronové vrstvy bohaté na bílkoviny, endospermu, kde 50–75 % zaujímá škrob, a klíčku. Celá zrna mají vysoký podíl vlákniny, obsahující rezistentní škrob a nestravitelné sacharidy a jsou bohatým zdrojem živin a prospěšných fyto-sloučenin (fenolické sloučeniny, fytoestrogeny a rostlinné steroly); (Gray, 2006).

Na trhu již dnes existují tzv. koncentráty vlákniny, které se přidávají především do pokrmů za účelem zvýšení jejího obsahu. Jejich nevýhodou je snižování vstřebatelnosti

některých minerálních látek a vitamínů. Vlákninové koncentráty jsou vyráběny například ze zbytků jablek po odlisování nebo z řepných řízků (Pánek et al., 2002).

Tabulka č. 4: Složky a hlavní zdroje vlákniny (Gray, 2006)

Složka vlákniny	Hlavní zdroje
Celulóza	Zelenina, dřevnaté rostliny, obilná zrna
Hemicelulóza	Obilná zrna
Lignin	Obilná zrna, rýže a luštěniny, slupky dřevnatých rostlin
Beta-glukany	Zrna (oves, ječmen, žito, pšenice)
Pektiny	Ovoce, zelenina, luštěniny, cukrová řepa, rajčata
Gumy	Luštěniny, mořské řasy, mikroorganismy (guar, fazolové lusky, arabská guma)
Inulin a oligofruktóza/fruktooligosacharidy	Čekanka, jeruzalemský artyčok, cibule
Oligosacharidy	Mateřské mléko, semena luštěnin

3.2.6.4 Význam vlákniny

Vláknina slouží jako zdroj živin a energie sacharolytických bakterií v tlustém střevě, jejichž rozmnožováním dochází ke zvětšování stolice (Pánek et al., 2002). Bylo vědecky prokázáno, že riziko výskytu rakoviny tlustého střeva bylo nižší u lidí s větším objemem stolice než u lidí s nižším objemem stolice (Komprda, 2009).

Některé složky vlákniny, které se dostanou do tlustého střeva, mohou být zkvašeny bakteriemi na těkavé mastné kyseliny (octová, propionová a máselná), dále na kyselinu mléčnou a střevní plyny. Tvorbou těchto kyselin dochází k okyselení prostředí tlustého střeva, a tím k znevýhodnění nežádoucích skupin bakterií. To vede k omezení syntézy a vstřebávání škodlivých produktů rozkladu některých složek potravy. Kyselina máselná se uplatňuje jako zdroj energie pro obnovu a růst buněk tlustého střeva, což pozitivně působí na jeho zdravotní stav (Kalač, 2008).

Strava bohatá na vlákninu umožňuje rychlejší průchod tráveniny střevem, čímž se všechny živiny nestačí vstřebat. To má za následek nižší využitelnost energie, což je

výhodou především ve vyspělých zemích s vysokým příjmem energie ve stravě. Dalším příznivým účinkem vlákniny je snižování resorpce tuků a cholesterolu a zároveň zvyšování vylučování žlučových kyselin. Tyto účinky vlákniny působí příznivě při výskytu a rozvoji kardiovaskulárních chorob. Naopak nevýhodou těchto účinků je snižování vstřebatelnosti některých nežádoucích živin, například minerálních látek a vitaminů. Z minerálních látek se jedná konkrétně o vápník a železo, u kterých je snižená vstřebatelnost důsledkem jejich silné vazby na některé funkční skupiny vlákniny (např. karboxylové nebo sulfátové). Vlákna má také schopnost vázat větší množství vody, proto je potřeba při větším příjmu vlákniny zvýšit příjem tekutin (Pánek et al., 2002).

Potravní vlákna pozitivně moduluje imunitní systém a působí preventivně před vznikem zánětu střevní stěny. V souvislosti s rakovinou tlustého střeva nelze jednoznačně říct, zda vlákna skutečně snižuje riziko výskytu tohoto onemocnění. Podle Světové zdravotnické organizace není účinek vlákniny zcela prokazatelný pro případná výživová doporučení v rámci prevence rakoviny tlustého střeva. Vzhledem k tomu, že vlákna zpomaluje vyprazdňování žaludku a vstřebávání glukózy, pravděpodobně přispívá ke snížení výskytu diabetu druhého typu. Příznivý vliv může mít vlákna v případě obezity, kdy potrava s velkým obsahem vlákniny má méně energie, přitom ale vyvolává pocit nasycení (Komprda, 2009).

3.2.6.5 Obsah vlákniny v potravinách

Obsah vlákniny ve vybraných potravinách je popsán v tabulce č. 5.

Tabulka č. 5: Obsah vlákniny ve vybraných potravinách v g/100 g (Kunová, 2011)

Potravina	Vláknina (g / 100 g)
Pšeničné otruby	45
Lněné semínko	38
Pšeničné klíčky	18
Sója	18
Fazole	15
Křehký chléb	6-19
Sušené fíky	12
Celozrnné pečivo	8-10
Ovesné vločky	7
Rybíz	6
Hrášek	5
Maliny	5
Rýže natural	4
Pšeničná mouka natural	4
Cornflakes	4
Fazolky, kapusta	3
Bílý chléb	3
Mrkev	3
Zelí	3
Banány	3
Květák	2
Jablka	2
Pomeranče	2
Brambory	2
Rajčata	1,5
Okurka	1

3.2.7 Trávení a vstřebávání sacharidů

Cílem trávení sacharidů je rozštěpení polysacharidů a disacharidů na monosacharidy. Trávení sacharidů začíná v dutině ústní slinnou α -amylázou (ptyalin). Promíslením potravy s kyselou žaludeční šťávou dochází k inaktivaci α -amylázy. Štěpení většiny škrobu probíhá až ve střevě působením pankreatické α -amylázy (Holeček, 2006).

Ke vstřebávání (resorpci) monosacharidů dochází v duodenu (dvanáctníku) a jejunu (lačnicku). Nejrychleji jsou vstřebány glukóza a galaktóza. Vstřebávání glukózy a galaktózy je založeno na sekundárním aktivním transportu. Fruktóza je transportována přes lumenální stranu enterocytu pomocí glukózového přenašeče. Pentózy jsou přenášeny usnadněnou difuzí. Větší část resorbovaných sacharidů odchází portální krví do jater. Malá část glukózy je metabolizována a využita pro tvorbu ATP (Holeček, 2006).

Maximální rychlost vstřebávání glukózy se pohybuje kolem 120 gramů za hodinu (Holeček, 2006). Některé experimenty ukázaly, že již po průchodu 100 centimetry jejunu byla resorbována veškerá glukóza (Kasper, 2015). Pomaleji jsou resorbovány fruktóza a pentózy (Holeček, 2006).

Sacharidy, které nejsou tráveny v tenkém střevě, například vláknina, některé oligosacharidy a polyoly, prochází tlustým střevem, kde dochází k jejich úplné nebo částečné fermentaci působením střevní mikroflóry. Také laktóza může uniknout trávení a absorpci v tenkém střevě kvůli nízké aktivitě enzymu laktáza (Gray, 2003).

3.2.8 Metabolismus sacharidů

Metabolismus je souhrn chemických reakcí, při kterých se z látek přijímaných v potravě, získává energie a látky důležité pro funkci a obnovu buněk, tkání a celého organismu. Nároky organismu na energii jsou dány velikostí a složením těla, věkem, pohlavím, ale také mírou fyzické aktivity. Množství energie vydané ve fyzickém a mentálním klidu, při neutrální teplotě prostředí, minimálně 12 hodin od posledního jídla, se označuje jako bazální metabolismus (Kaňková, 2005).

Dle přísunu energie do lidského těla jsou rozlišovány dvě fáze: katabolická fáze (nalačno) a fáze anabolická (po jídle). V rámci katabolické fáze jsou zdrojem energie pro většinu tkání mastné kyseliny. V případě delšího hladovění se vytváří a spotřebovávají ketolátky. Hladina krevní glukózy nalačno je udržována syntézou glukózy v játrech, nejdříve z jaterního glykogenu a následně glukoneogenezí. Během anabolické fáze do-

cháží k zablokování jaterní produkce glukózy inzulinem a k doplnění zásob glykogenu, kdy je 50–60 % přijato svaly, 30–40 % játry. Poté je vytvořen zásobní tuk (Kaňková, 2005).

3.2.8.1 *Metabolismus glukózy*

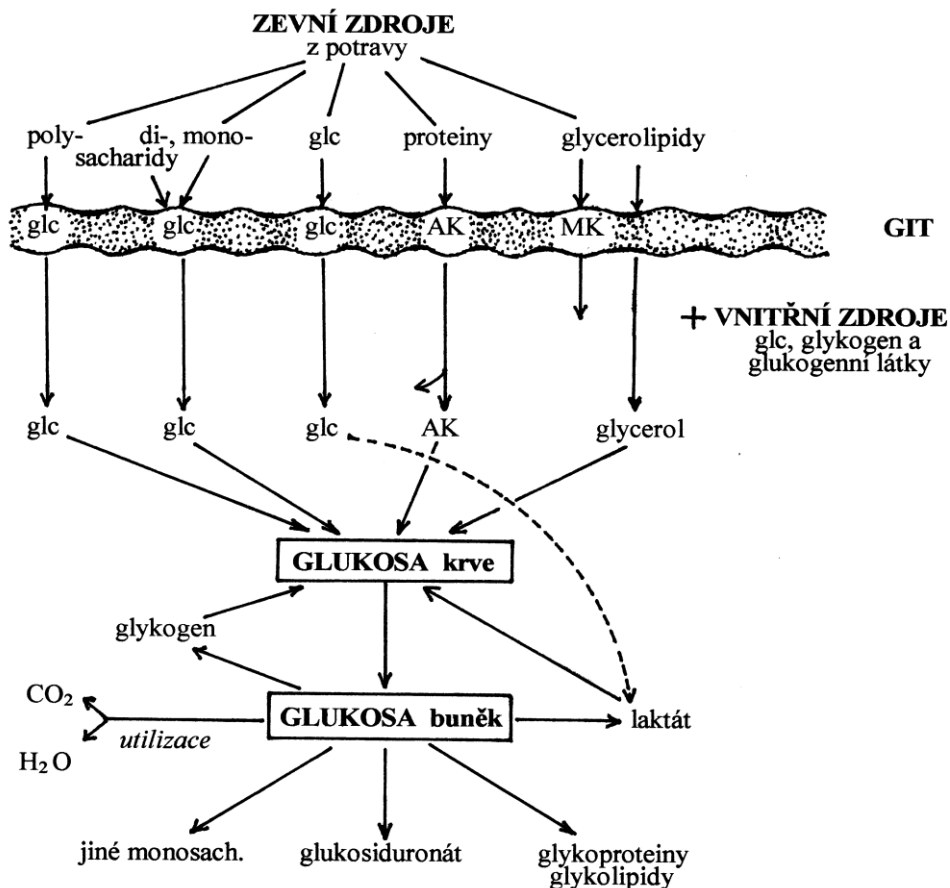
Organismus získává metabolizmem glukózy energii ve formě ATP, zásobní látku (např. glykogen) a meziprodukty pro tvorbu jiných sloučenin (Kaňková, 2005).

Zdrojem krevní glukózy jsou požitá sacharidy a vnitřní zásoby (obrázek č. 6); (Ledvina et al., 2004). Optimální hladina krevní glukózy (glykémie) se u zdravého jedince vyskytuje v rozpětí od 4,4 do 6,1 mmol/l. V případě, že koncentrace glukózy klesne pod spodní hranici, jedná se o hypoglykémii. Zvýšená hladina krevní glukózy způsobuje stav označovaný jako hyperglykémie (Guo et al., 2014).

Koncentrace krevní glukózy je zvyšována potravou, a to konkrétně štěpením polysacharidů nebo oligosacharidů obsahujících glukózu. Na glukózu mohou být díky hepatocytům přeměněny i jiné složky potravy, například glukogenní aminokyseliny z bílkovin, glycerol z glycerolipidů, ale také jiné hexózy než glukóza. Podle potřeb organismu jsou na glukózu převáděny i vnitřní zdroje. Jedná se o glukogenní zásoby, které jsou v těle již uložené (Ledvina et al., 2004).

Hladinu glykémie zvyšuje také štěpení glykogenu (glykogenolýza). Hepatocyty využívají v případě hypoglykémie glukogenní aminokyseliny a glycerol z endogenních zdrojů (především svalů a tukové tkáně). Z větší části je na glukózu zpětně přeměněn také laktát vznikající při svalové činnosti. Výše popsané pochody jsou označovány jako glukoneogeneze. Na druhé straně však existují pochody, které naopak koncentraci glukózy snižují. Typickým příkladem je syntéza glykogenu, která probíhá zejména v játrech. Dále pak odbourání glukózy glykolýzou, odehrávající se ve všech buňkách, nebo pentosafosfátovou cestou, která je situována jen v některých tkáních a jejímž výsledkem je vznik pentóz a NADPH. V neposlední řadě je koncentrace glukózy snižována přeměnou glukózy na jiné látky například na galaktózu, fruktózu, aminocukry, glukosiduronáty, glykoproteiny, glykolipidy nebo glykované bílkoviny (Ledvina et al., 2004).

Glukóza je v tkáních transformována tak, že většina molekul volné glukózy je fosforylována na glukózu-6-fosfát, ze kterého poté vychází všechny důležité cesty zpracování jako je například syntéza glykogenu přes glc-1-P (Ledvina et al., 2004).



Obrázek č. 6: Zevní a vnitřní zdroje glukózy a její zpracování (Ledvina et al., 2004)

3.2.8.2 Metabolismus ostatních sacharidů

V tenkém střevě dochází také k resorpci fruktózy, galaktózy a jiných monosacharidů. Všechny jsou primárně metabolizovány v játrech a jejich metabolismus není z velké části ovlivněn inzulínem (Ledvina et al., 2004). Kromě glukózy mají vliv na glykémii také fruktóza a galaktóza. Jejich účinky na glykémii se rovnají asi 20 % účinkům glukózy o stejném množství. Důvodem není pomalejší absorpce, ale skutečnost, že jsou tyto monosacharidy rychle vychytány z portálu krve v játrech a do periferního oběhu se dostávají ve velmi malém množství. Přesto je však malé množství fruktózy a galaktózy přeměno na glukózu a vrací se zpět do oběhu. Větší část je poté zapojena do metabolismu sacharidů a tuků v játrech (Englyst a Englyst, 2005).

3.2.8.3 Poruchy metabolismu sacharidů

Mezi poměrně častá onemocnění patří skupina všech vrozených poruch metabolismu (sacharidů, lipidů, cholesterolu, aminokyselin, lipoproteinů a dalších), avšak jednotlivé vrozené poruchy metabolismu se vyskytují jen zřídka. Projevy se mohou vyskytnout ihned po narození, během dětství nebo i v pozdějším věku. Poruchy metabolismu sacharidů jsou z větší části podmíněny geneticky, zejména v důsledku deficitu enzymů eventuálně transportérů. Některé poruchy jsou asymptomatické, jiné mohou být doprovázeny zažívacími problémy (například deficit laktázy), hypoglykemií (například hereditární intolerancí laktózy a glykogenóza) nebo hemolytickou anémií. Mnohé z nich mohou způsobit velmi vážné zdravotní komplikace nebo dokonce zkrátit délku života (Kaňková, 2005).

Deficit laktázy

Tento deficit enzymu vyloučeného enterocyty tenkého střeva způsobuje intoleranci laktózy. Oproti ostatním deficitům se tato porucha vyskytuje extrémně často. Intolerancí laktózy je doprovázena pocitem střevního dyskomfortu po konzumaci čerstvého mléka, ne mléčných fermentovaných výrobků. Aktivita laktázy je u většiny populace omezena na dobu kojení a po odstavení brzy zaniká, proto je schopnost trávit laktózu do dospělosti (perzistence laktázy) spíše vzácná (Kaňková, 2005).

Hereditární intolerancí fruktózy

Hereditární intolerancí fruktózy je způsobena deficiencí aldolázy B (fruktóza-1,6-bifosfát aldoláza). Jedná se o dědičné onemocnění, kdy dotyčný po požití potravin s obsahem fruktózy trpí závažnými bolestmi břicha. Opakované požití tohoto cukru vede k poškození jater, ledvin a k zpomalení růstu. Parenterální užití fruktózy nebo sorbitolu může mít fatální následky (Manir et al., 1998).

Galaktosemie

Jedná se o závažné a autozomálně dědičné onemocnění způsobené deficitem některého z enzymů metabolismu galaktózy. Jednou z forem galaktosemie je tzv. klasická galaktosemie, která vzniká nejčastěji v důsledku deficitu enzymu galaktóza-1-fosfáturidylyltransferázy (GALT). Další formou galaktosemie je tzv. Duarte, která si po-

nechává částečnou aktivitu GALT. Neléčená galaktosamie může vést k poškození jater, ledvin, mozku a rozvoji kataraktu (šedý zákal). V případě novorozenců s nerozpoznaným deficitem GALT se může po začátku kojení do několika dnů objevit zvracení, průjem, žloutenka, jaterní selhání, mozkový edém nebo sepse vyvolaná *E. coli*. Naprosto nezbytné je omezení konzumace mléka a mléčných výrobků, ale i jiných potravin obsahujících galaktózu (Kaňková, 2005).

Glykogenóza

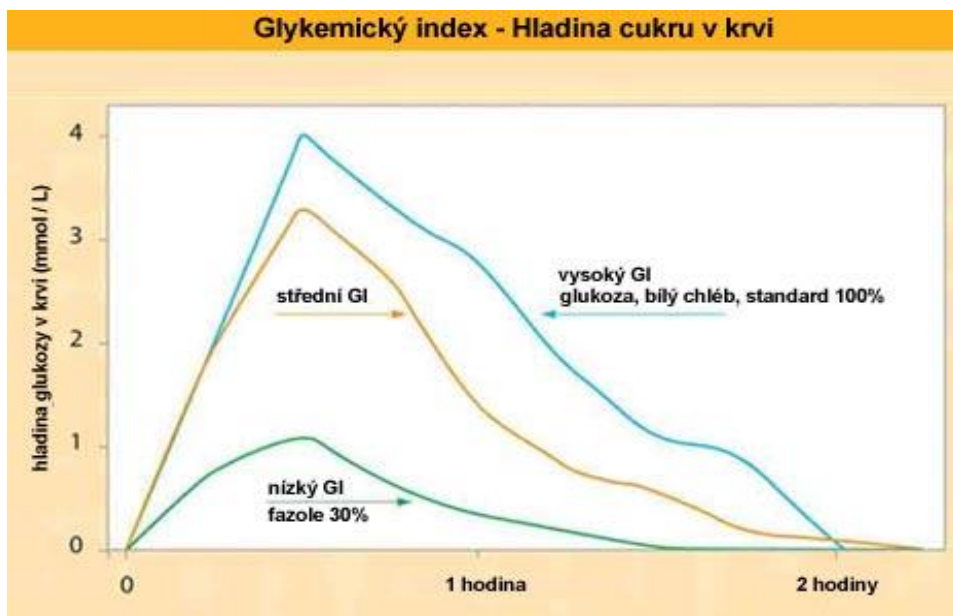
Glykogenóza je vzácná autozomálně recesivní nemoc charakteristická hypoglykemií a hepatosplenomegalii (abnormální zvětšení jater a sleziny), záchvaty a neprospíváním kojenců (Kannourakis, 2002). Lidé s hyperglykemií si musí stále hlídat hladinu glukózy dietním příjmem. Některé typy svalové glykogenózy se projevují intolerancí pohybové aktivity (například svalová slabost, myalgie, křeče a další). Poškozen může být i myokard (Kaňková, 2005).

3.2.9 Glykemický index a glykemická nálož

3.2.9.1 Glykemický index

Konzumací potravin obsahující sacharidy dochází k vzestupu hladiny glukózy v krvi. Tento jev se nazývá glykemická odpověď (Gray, 2003). Odezva hladiny krevní glukózy na sacharidy obsažené v dané potravine je vyjadřována tzv. glykemickým indexem (GI). Glykemický index umožňuje srovnávat různé druhy potravin (tabulka č. 6), co do jejich vlivu na časový průběh glykémie, tedy na glykemickou křivku (obrázek č. 7); (Komprda, 2009).

Dle FAO/WHO je glykemický index definován jako odpověď krevní glukózy, měřený jako plocha pod křivkou v reakci na testovanou potravinu spotřebovanou jedincem za standardních podmínek. Vyjadřuje se v procentech po konzumaci určité potraviny spotřebované stejnou osobou. Testování a referenční hodnoty potravin (obvykle 50 g glukózy) musí obsahovat stejné množství dostupných sacharidů (Venn a Green, 2007).



Obrázek č. 7: Glykemická křivka potravin s různým glykemickým indexem (Zimula, 2005)

Fyziologické účinky GI

Klinické testy prováděné na zdravých jedincích, osobách trpících cukrovkou a hyperlipidemií naznačují, že konzumace jídel s nízkým glykemickým indexem je spojena se sníženou hladinou krevní glukózy, reakcí inzulínu, zlepšením lipidového profilu, včetně redukce zvýšených sérových koncentrací triacylglycerolů u pacientů s hypertriacylglycerolemií. Je možné se domnívat, že potraviny s nízkým GI mohou mít déletrvající sytící účinky než potraviny s vysokým GI. Avšak tato hypotéza zůstává stále otevřená a vyžaduje další studie (Gray, 2003).

Tabulka č. 6: Rozdělení potravin podle GI (potraviny jsou v tabulce rozděleny do tří skupin; referenční hodnotou je glukóza – GI = 100); (Kunová, 2011)

Nízký GI (pod 30)	Střední GI (31-70)	Vysoký GI (nad 70)
Ovoce		
Avokádo citrony, granátová jablka, grapefruit, jahody, olivy, ostružiny, rybíz, třešně, višně, sušená jablka	ananas, angrešt, banány, borůvky, broskve, hrozny, hrušky, jablka, kiwi, maliny, klementinky, mandarinky, nektarinky, mango, papája, meruňky, mirabelky, pomeranče, švestky, hrozinky, sušené ovoce	sušené fíky a datle
Zelenina a luštěniny		
brokolice, celer, houby, květák, lilek, okurky, paprika, zelí, rajčata, ředkev, salát, všechny druhy luštěnin	brambory, cibule, červená řepa, česnek, kukuřice, meloun, mrkev, tykev	žádné
Pečivo, přílohy, obiloviny		
žádné	celozrnná pšeničná mouka, pohanka, ovesné, pšeničné a žitné vločky, žitný chléb Moskva, knäckebröt, bramborová kaše, vařené brambory, vařená rýže natural, špagety a další těstoviny z tvrdé pšenice připravené al dente,	cornflakes, jáhly, mouka pšeničná bílá, solamyl, slazené snídanové cereálie, pšeničné bílé pečivo, sladké pečivo, chipsy, popcorn, bílá rýže, knedlíky, hranolky, instantní bramborová kaše, těstoviny uvařené do měkka
Sladkosti		
hořká čokoláda (čím vyšší procento kakaa, tím nižší GI), fruktóza, kakaový prášek, náhradní sladidla	müsli tyčinky, Nutella, dia sladkosti, sušenky Bebe dobré ráno	cukr, med, čokoládové tyčinky, všechny druhy oplatek, bonbony, kakao Granko, bonboniéry, všechny druhy zákusků
Mléko a mléčné výrobky		
žádné	jogurty, tvaroh, mléko, kysané mléčné nápoje, kysaná smetana (všechny jsou na spodní hranici, blíží se tedy ke skupině s nízkým GI), smetanové zmrzliny	vodové zmrzliny
Nápoje		
minerálky, sirupy a limonády s náhradním sladidlem, zeleninová šťáva, bílá káva bez cukru	ovocné džusy, kakao, víno červené a bílé (suché)	limonády, energetické nápoje, cappuccino z automatu, pivo, sladké druhy vín, likéry a šumivé víno

Existují rozdíly v glykemických indexech jednotlivých cukrů, které jsou dány především obsahem glukozových zbytků. Glykemický index maltózy je 87, v případě fruktózy 32, což je dáno částečnou přeměnou fruktózy na glukózu (Gray, 2003).

Kromě množství, stravitelnosti škrobů a zdrojů cukrů, ovlivňuje glykemickou odpověď řada jiných faktorů. Mezi něž patří například přítomnost tuku a bílkoviny, stupeň zpracování, vaření a v neposlední řadě také množství přítomné vlákniny (Gray, 2003).

3.2.9.2 Glykemická nálož

Glykemická nálož je definována jako měřítko celkového vlivu sacharidů ve stravě (Martiňáková, 2014). Tento pojem vychází z myšlenky, že potravinu s nízkým glykemickým indexem, která je přijímána ve velkém množství, bude mít podobný efekt na hladinu krevní glukózy jako potravinu s vysokým glykemickým indexem přijímána v malých dávkách. Pro výpočet GL porce potravin je důležité znát obsah využitelných sacharidů (jednoduché cukry, disacharidy a rychle stravitelný škrob); (Komprda, 2009). Hodnotu GL lze spočítat následovně (Miller et al., 2009):

$$\text{GL} = (\text{množství sacharidů v gramech} \times \text{GI})/100$$

3.2.10 Sacharidy a onemocnění

3.2.10.1 Obezita

Výskyt obezity se dramaticky zvyšuje po celém světě. To má obrovský dopad pro veřejné zdraví, jelikož obezita velmi úzce souvisí s řadou dalších onemocnění, například s cukrovkou, ischemickou chorobou srdeční a dalšími poruchami způsobenými špatným životním stylem. Při určování sklonu k obezitě u populace a jednotlivců hrají roli genetické a environmentální faktory. K výskytu obezity přispívá samozřejmě i nedostatek fyzické aktivity (FAO, 1998).

Obezitu lze jednoduše definovat jako nadměrné uložení tuku v organismu při současné hyperplazii (zvyšování počtu buněk) a hypertrofii (zvětšování objemu buněk) tukových buněk, avšak tato definice samotný problém obezity nevystihuje. Obezita je hlavně poruchou fyziologické dlouhodobé regulace homeostázy energie. K posouzení

normální či patologicky zvýšené obezity se používá nejčastěji kvantitativní parametr BMI (body mass index). Hodnota BMI u obézního člověka je 30 a vyšší (Kaňková, 2005). Vzorec pro výpočet BMI (Must a Anderson, 2006):

$$\text{BMI} = \text{hmotnost (kg)}/\text{výška}^2 \text{ (m)}$$

Udržování stabilní tělesné hmotnosti vyžaduje rovnováhu mezi celkovým množstvím přijaté energie a celkovým množstvím energie spotřebované. Ke zvýšení tělesné hmotnosti dochází v případě, kdy příjem překročí výdej. Strava s vysokým obsahem sacharidů je objemnější a zároveň více zasytí než jídlo s vysokým obsahem tuků. Kapacita ukládání sacharidů v těle v podobě glykogenu je omezená. V případě vyčerpání kapacity glykogenových zásob, dochází k oxidaci nadbytku sacharidů a tvorbě tuku. Na rozdíl od sacharidů je ukládání tuků téměř neomezené a adaptace těla na oxidaci přebytečného tuku probíhá velmi pomalu (Gray, 2003). Je důležité si uvědomit, že přebytek energie v jakékoliv formě podpoří hromadění tuku v těle, a že i nadměrná konzumace nízkotučných potravin může vést k obezitě, pokud nebude zvýšen energetický výdej (FAO, 1998).

Příjem energie je možné snížit především příjmem menšího množství potravin s vysokým obsahem tuků a sacharidů, tedy s vysokou koncentrací energie. Důležité je zvýšit konzumaci potravin s vysokým obsahem vlákniny a současně s nízkou koncentrací energie (například ovoce a zelenina). Pro zvýšení energetického výdeje je potřeba pravidelně vykonávat fyzickou aktivitu, avšak výdej v rámci organizovaných volnočasových aktivit nestačí (Komprda, 2009).

3.2.10.2 Diabetes mellitus (cukrovka)

Diabetes mellitus je chronické onemocnění endokrinního systému, jehož důsledkem je neschopnost snížit hladinu krevní glukózy. Dochází tedy k hyperglykémii (vysoká hladina glukózy v krevním řečišti). Toto onemocnění je rozděleno do dvou typů, diabetes mellitus 1. a 2. typu. Oba tyto typy mohou zhoršit zvýšený stres a oxidační stres nebo zánět. V případě diabetes mellitus 1. typu slinivka břišní netvoří inzulín. Častějším onemocněním je diabetes mellitus 2. typu, u kterého dochází ke tvorbě inzulínu, ale tělo jej není schopné využít. S cukrovkou 2. typu je rovněž silně spjata obezita, ovšem ne

všichni diabetici tohoto typu jsou obézní. Výskyt diabetu 2. typu rapidně stoupá v souvislosti s epidemií obezity vyskytující se převážně v Americe. V současnosti se odhaduje, že diabetem trpí 26 milionů Američanů (více než 8 % populace). Vysoká hladina cukru v krvi vystavuje diabetickou osobu zvýšenému riziku srdečního onemocnění, mrtvici, onemocnění ledvin, retinopatii (ztráta zraku), neuropatii (ztráta nervové funkce), dále pak k atrofii končetin a celkově k snížení průměrné délky života (Turley a Thompson, 2013).

3.2.10.3 Kardiovaskulární onemocnění

Jak už bylo zmíněno, zvýšené riziko vzniku ischemické choroby srdeční velmi úzce souvisí s výskytem obezity. Existuje důkaz, že některé živiny, zejména nasycené mastné kyseliny, mohou působit jako stimulatory ischemické choroby srdeční. Klíčovou roli v dietních opatřeních zaměřených na snížení rizika výskytu této choroby hraje zvýšený příjem potravin, které jsou bohaté na sacharidy na úkor tuků. Pro obézní osoby nebo jedince s nadváhou je tedy důležité snížit celkový příjem tuků. Zvýšený příjem sacharidů v potravě však vyvolává obavu, že by mohlo dojít ke snížení HDL cholesterolu, a naopak zvýšení LDL cholesterolu a triglyceridů v krvi (FAO, 1998).

3.2.10.4 Gastrointestinální onemocnění

Konzumace neškrobových polysacharidů a rezistentního škrobu velmi pozitivně ovlivňuje hmotnost stolice. Zvýšení příjmu potravin bohatých na tyto sacharidy je velice účinným prostředkem v prevenci a léčbě zácpy, hemeroidů, ale také řitních trhlín. Při léčbě těchto onemocnění hrají významnou roli také otruby nebo jiné obilné zdroje. Obezita je rizikovým faktorem žlučnickových kamenů. Vysoký příjem sacharidů může usnadnit kolonizaci bifidobakterií a laktobacilů ve střevě a tím snížit nebezpečí výskytu akutního infekčního onemocnění gastrointestinálního traktu (FAO, 1998).

3.2.10.5 Zubní kaz

Výskyt zubního kazu je ovlivněn řadou faktorů. Potraviny, které obsahují cukry nebo škrob, mohou být v ústech snadno štěpeny enzymem α -amylázou a bakteriemi. Následně dochází ke tvorbě kyseliny a tím ke zvýšení rizika vzniku zubního kazu. Škroby

s vysokým glykemickým indexem produkují výraznější změny v pH plaku než škroby s nízkým glykemickým indexem. Vliv těchto sacharidů na zubní kaz závisí na druhu potravin, ústní hygieně, dostupnosti fluoridu, funkci slin a genetických faktorech (FAO, 1998).

3.2.11 Doporučená konzumace sacharidů

Denní příjem sacharidů by měl pokrýt 45–65 % energie. Na základě zprávy, kterou v roce 2002 zveřejnila organizace IOM (Institute of Medicine), byla stanovena hodnota příjmu sacharidů pro dospělé a děti na 130 g/den. Tato hodnota vychází z množství cukrů a škrobů nutných pro zajištění dostatečného přísunu glukózy do mozku. Současná výživová doporučení preferují konzumaci potravin obsahujících sacharidy, které jsou bohatým zdrojem vlákniny a jiných živin. V našem jídelníčku by proto neměly chybět obiloviny, ovoce, zelenina, luštěniny, ořechy, semínka a mléčné výrobky (Slavin a Carlson, 2014).

Energetická hodnota 1 g sacharidů odpovídá 17 kJ (4 kcal). Příjem stravitelných sacharidů by měl tvořit asi 4 g/kg tělesné hmotnosti za den. Příklady stravitelných sacharidů v potravinách jsou uvedeny v tabulce č. 7. Sportovci vyžadují až dvojnásobně vyšší příjem sacharidů (Miškovský, 2010).

Tabulka č. 7: Příklady zastoupení stravitelných sacharidů v běžných potravinách v g na 100 g jedlého podílu (Čermák, 2002)

Potravina	g	Potravina	g
Mouka	65-78	Zelenina	3-15
Chléb	50-56	Ovoce zahradní	10-20
Rýže	79	Džemy a marmelády	64
Buchty, bábovky	55-65	Sirupy	66
Cukr	99,5	Kompoty	20
Med	78	Mléko	4,4
Čokoláda	50-60	Sýry	1-2
Cukrovinky	33-99	Maso (všechny druhy)	0
Brambory	18-24	Salámy	0-2
Luštěniny	55-58	Játra	4-6

Světová zdravotnická organizace (WHO) vydala nové doporučení konzumace cukrů, které by měly tvořit méně než 10 % celkového denního energetického příjmu, ovšem nejlepší volbou by byl příjem cukrů pod 5 %. Tato hodnota (5 %) energetického příjmu odpovídá zhruba 25 gramům cukru denně (6 lžiček). Jedná se o doporučení vztahující se na veškeré monosacharidy, disacharidy a stolní cukr, který je do potravin přidáván výrobcem, kuchařem nebo spotřebitelem, ale stejně tak na cukry, které se přirozeně vyskytují v medu, sirupu, ovocných šťávách a ovocných koncentrátech. Nejlepší sázkou na nižší příjem cukru je vyšší konzumace zeleniny. Obsah cukrů v zelenině je uveden v tabulce č. 8 (Felber, 2014).

Tabulka č. 8: Obsah cukrů v g u běžných druhů zeleniny (Felber, 2014)

Zelenina (1 porce)	Cukry (g)	Sacharidy celkem (g)
Červená řepa	9,2	13
Mrkev	5,8	12,3
Žlutá sladká kukuřice	5,7	30,5
Cibule	4,9	11,6
Rajče	4,7	7,1
Červená paprika	3,9	5,8
Růžičková kapusta	2,7	11,1
Hrášek	2,5	4,8
Zelená paprika	2,2	4,3
Lilek	1,9	4,7
Okurek	1,7	3,8
Kapusta	1,6	7,3
Brokolice	1,5	6,0
Houby	1,2	2,3
Avokádo	1,0	12,5
Římský salát	0,6	1,5
Špenát	0,1	1,1

IOM stanovil přiměřený příjem vlákniny (AI = Adequate Intake) na základě hodnoty, která znamená nejnižší riziko kardiovaskulárních chorob, tj. 14 g/1000 kcal (Slavin a Carlson, 2014). V jednotlivých zemích je odhadováno množství přijaté vlákniny na 13 až 25 gramů za den na jednu osobu. Skutečnost je ovšem taková, že Česká republika se nachází na spodní hranici daného rozpětí (Komprda, 2009). Doporučený denní příjem vlákniny pro dospělého člověka byl stanoven ve většině zemí na 30 gramů a je nežádoucí tento příjem výrazně překračovat. V roce 2004 byl tento údaj uveden i ve Výživových doporučeních pro obyvatelstvo České republiky. Nižší hodnoty jsou doporučeny spíše dětem, například v Nizozemsku 12 až 14 gramů vlákniny na 1000 kcal energie potravy. Naopak vyšší příjem vlákniny byl zjištěn u mužů vzhledem k většímu množství přijaté potravy. V případě rezistentního škrobu se denní příjem v Evropě pohybuje kolem 4 gramů, výjimkou je Itálie, kde v důsledku nadměrné konzumace těstovin je příjem dvojnásobný (Kalač, 2008).

V rámci doporučeného množství vlákniny (tabulka č. 9) mají výrobci v některých zemích povoleno používat následující označení na etiketě výrobku: „dobrý zdroj vlákniny“ (produkt obsahuje 10 % doporučeného množství vlákniny – 2,5 g/porci) a „výborný zdroj vlákniny“ (produkt obsahuje 20 % doporučeného množství vlákniny – 5 g/porci); (Slavin a Carlson, 2014).

Tabulka č. 9: Doporučený denní příjem vlákniny pro dospělého člověka ve vybraných zemích (Gray, 2006)

Země	Doporučení	Zdroj doporučení
Celosvětově	>25 g * >20 g **	WHO/FAO, 2003
Francie	25-30 g ***	Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments, 2001
Německo, Rakousko, Švýcarsko	30 g ***	German Nutrition Society, 2000
Nizozemí	30-40 g: 3.4 g / MJ ***	Health Council of The Netherlands, 2006
Severské země	25-35 g ***	Nordic Nutrition Recommendations 2004
Španělsko	30 g *	No official figure
UK	18 g **	Department of Health, 1991
USA	38 g muži, 19-50 let, 31 g muži 50+ let; * 25 g ženy 19-50 let, 21 g ženy 50+ let *	Institute of Medicine, 2002
Kolumbie	15-20 g **	Health Ministry, 1992
Japonsko	0-30 g *	Ministry of Health
Jižní Afrika	30-40 g *	Heart Foundation; Cancer Association; Department of Health
* Celková vláknina (analytická metoda dle AOAC, 1995)		
** Neškrobové polysacharidy (analytická metoda dle Englyst et al., 1982)		
*** Vláknina (analytické metody nespecifikovány)		

Pro zdraví a udržení tělesné hmotnosti je důležité věnovat pozornost samotnému stravovacímu režimu, tzn. jíst pravidelně třikrát denně s maximálním energetickým obsahem pro snídani 20 %, oběd 35 % a večeři 25–30 % a dopolední a odpolední svačinu s maximálně 5–10 energetickými procenty. Pauza mezi jednotlivými jídly by měla trvat přibližně 3 hodiny (Společnost pro výživu, 2012).

4 ZÁVĚR

Podstatnou část bakalářské práce tvoří sacharidy z hlediska jejich rozdělení, stavby, funkce výskytu a celkového významu v rámci výživy člověka.

Sacharidy patří spolu s bílkovinami a lipidy mezi základní živiny, nezbytné pro lidský organizmus. Nejvydatnějším zdrojem energie jsou lipidy, zatímco sacharidy jsou jejím okamžitým zdrojem. Bohaté na sacharidy jsou především obiloviny a ovoce. Dále jsou sacharidy obsaženy například v medu, mléce, mléčných výrobcích a zelenině.

Nepostradatelnou roli v lidské výživě hraje potravní vláknina, jejíž definice dodnes není jednoznačná a mezinárodně uznávaná. Z chemického hlediska je potravní vláknina řazena mezi sacharidy, avšak organizmu neposkytuje téměř žádnou energii. Potravní vláknina je významným zdrojem energie a živin pro sacharolytické bakterie v tlustém střevě, které ovlivňují velikost stolice. V souvislosti s konzumací potravní vlákniny byla prokázána řada pozitivních účinků na lidský organizmus.

V bakalářské práci jsem se zaměřila na shrnutí základních informací o trávení, vstřebávání a metabolismu sacharidů. V rámci hladiny krevní glukózy neboli glykémie jsou objasněny pojmy glykemický index a glykemická nálož. Glykemický index vyjadřuje odezvu hladiny krevní glukózy na sacharidy obsažené v dané potravine. Glykemická nálož je měřítkem celkového vlivu sacharidů ve stravě.

Nejrozšířenějším onemocněním, které je významně ovlivněno hladinou krevní glukózy je diabetes mellitus čili cukrovka, která je úzce spjata s řadou dalších onemocnění, například s obezitou a kardiovaskulárními chorobami.

Je důležité mít na paměti, že diety nejsou ideálním řešením pro udržení zdraví a tělesné hmotnosti. Pro kvalitní život je nezbytný pravidelný pohyb a konzumace zdravé a vyvážené stravy s denním obsahem sacharidů 45-65 % z celkového energetického příjmu.

5 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

BRAND-MILLER, J., 2002: Carbohydrates, s. 11-29. In: MANN, J., TRUSWELL, A. S. (eds): *Essentials of human nutrition*. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press. ISBN 01-985-0861-1.

CUI, S. W., 2005: *Food carbohydrates: chemistry, physical properties, and applications*. Boca Raton: Taylor, 411 s. ISBN 08-493-1574-3.

ČERMÁK, B., 2002: *Výživa člověka*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 224 s. ISBN 8070405767.

DHINGRA, D., MICHAEL, M., RAJPUT, H., PATIL, R. T., 2012: Dietary fibre in foods: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 49(3): 255-266. ISSN 0022-1155.

ENGLYST, K. N., ENGLYST, H. N., 2005: Carbohydrate bioavailability. *British Journal of Nutrition*, 94(01): 1-11. ISSN 0007-1145.

FAO, 1980: Carbohydrates. *FAO Corporate Document Repository*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. ISBN 92-510-0901-5.

FAO, 1998: Dietary carbohydrate and disease. *FAO Corporate Document Repository*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. ISBN 9251041148.

FELBER, J. B., 2014: Sugar content in your favorite veggies. In: *HellaWella* [online]. [vid. 2017-03-02]. Dostupné z: <http://www.hellawella.com/sugar-content-your-favorite-veggies>

GRAY, J., 2003: *Carbohydrates: nutritional and health aspects*. Brussels: ILSI Europe, 30 s. ISBN 15-788-1146-5.

GRAY, J., 2006: *DIETARY FIBRE Definition & analysis. Physiology. Health. Belgium [etc]: ILSI Europe*, 36 s. ISBN 90-786-3703-X.

GUO, Y., ZHOU, Y., ZHANG, S., WEI, Q., HUANG, Y., XIA W., WANG, S., 2014: Optimal target range for blood glucose in hyperglycaemic patients in a neurocritical care unit. *Diabetes and Vascular Disease Research*, 11(5): 352-358. ISSN 14791641.

HOLEČEK, M., 2006: *Regulace metabolismu cukrů, tuků, bílkovin a aminokyselin*. Praha: Grada, 286 s. ISBN 80-247-1562-7.

IFIC, 2009: Sugar Alcohols Fact Sheet [online]. In: *Food Insight*. Washington, D. C. [vid. 2017-02-03]. Dostupné z: <http://www.foodinsight.org/articles/sugar-alcohols-fact-sheet>

KALAČ, P., 2008: Soudobý pohled na vlákninu potravy. *Výživa a potraviny*, 63(6): 160-162. ISSN 1211-846X.

KANNOURAKIS, G., 2002: Glycogen storage disease. In: *Seminars in Hematology* [online]. 39(2): 103-106. [vid. 2017-03-5]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/00371963/39/2>

KAŇKOVÁ, K., 2005: *Poruchy metabolismu a výživy: vybrané kapitoly z patologické fyziologie*. Brno: Masarykova univerzita, 59 s. ISBN 80-210-3670-2.

KASPER, H., 2015: *Výživa v medicíně a dietetika*. Praha: Grada, 592 s. ISBN 978-80-247-4533-6.

KOMPRDA, T., 2003: *Základy výživy člověka*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 162 s. ISBN 8071576557.

KOMPRDA, T., 2009: *Výživou ke zdraví*. Velké Bílovice: TeMi CZ, 112 s. ISBN 9788087156414.

KUMAR, V., SINHA, A. K., MAKKAR, H. P. S., DE BOECK, G., BECKER, K., 2012: Dietary Roles of Non-Starch Polysachharides in Human Nutrition: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52(10): 899-935. ISSN 1040-8398.

KUNOVÁ, V., 2011: *Zdravá výživa. 2.*, přeprac. vyd. Praha: Grada, 140 s. Zdraví. ISBN 978-80-247-3433-0.

LEDVINA, M., STOKLASOVÁ, A., CERMAN, J., 2004: *Biochemie pro studující medicíny*. Praha: Karolinum, 475 s. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 8024608499.

LUTONSKÁ, P., PICHL, I., 1983: *Vláknina (chemické zloženie, metódy stanovenia, význam vo výžive)*. Bratislava: Príroda, 141 s. Edícia Ministerstva poľnohospodárstva a výživy Slovenskej socialistickej republiky.

MANIR, A., RELLOS, P., COX, TM., 1998: Hereditary fructose intolerance. In: *Journal of Medical Genetics* [online]. 35, s. 353-365. [vid. 2017-03-05]. Dostupné z: <http://jmg.bmj.com/content/jmedgenet/35/5/353.full.pdf>

MANN, J., TRUSWELL, A. S., 2002: Introduction, s. 1-8. In: MANN, J., TRUSWELL, A. S. (eds): *Essentials of human nutrition*. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press. ISBN 01-985-0861-1.

MARTIŇÁKOVÁ, M., 2014: Proč si hlídat glykemickou nálož? In: *Svět potravin* [online]. Praha: Granville. [vid. 2017-03-31]. Dostupné z: <http://www.svet-potravin.cz/clanek.aspx?id=4597>

MCCLEARY, B. V., 2003: Dietary fibre analysis. In: *Proceedings of the Nutrition Society* [online]. 62(01): 3-9. [vid. 2017-02-26]. ISSN 0029-6651. Dostupné z: http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0029665103000028

MCGUIRE, M., BEERMAN, K. A., 2013: *Nutritional sciences: from fundamentals to food*. 3rd ed. Belmont, CA: Wadsworth, Cengage Learning, 215 s. ISBN 08-400-5820-9.

MILANI, J., MALEKI, G., 2012: *Hydrocolloids in Food Industry* [online]. [vid. 2017-02-24]. ISBN 10.5772/32358. Dostupné z: <http://www.intechopen.com/books/food-industrial-processes-methods-and-equipment/hydrocolloids-in-food-industry>

MILLER, C. K., GUTSHCALL, M. D., MITCHELL, D. C., 2009: Change in Food Choices Following a Glycemic Load Intervention in Adults with Type 2 Diabetes. *Journal of the American Dietetic Association*, 109(2): 319-324. ISSN 00028223.

MIŠKOVSKÝ, T., 2010: Množství živin v potravě. In: *Svět potravin* [online]. Praha: Granville. [vid. 2017-03-01]. Dostupné z: <http://www.svet-potravin.cz/clanek.aspx?id=2269>

MUST, A., ANDERSON, S. E., 2006: Body mass index in children and adolescents: considerations for population-based applications. *International Journal of Obesity*, 30(4): 590-594. ISSN 0307-0565.

PÁNEK, J., POKORNÝ, J., DOSTÁLOVÁ, J., KOHOUT, P., 2002: *Základy výživy*. Praha: Svoboda Servis, 207 s. ISBN 8086320235.

PETROVÁ, J., STÁVKOVÁ, J., 2015: Balené přírodní minerální vody. *Výživa a potraviny*, 76(5): 123-125. ISSN 1211-846X.

ROBERTSON, W. C., 2010: *More chemistry basics*. Arlington, Va.: National Science Teachers Association, 153 s. ISBN 978-0-87355-239-4

SLAVIN, J., CARLSON, J., 2014: Carbohydrates. *Advances in Nutrition*. American Society for Nutrition, 5, s. 760-761. DOI: 10.3945/an.114.006163.

SPOLEČNOST PRO VÝŽIVU, 2012: Výživová doporučení pro obyvatelstvo České republiky. In: *Výživa a potraviny* [online]. [vid. 2017-02-25]. Dostupné z: <http://www.vyzivaspol.cz/vyzivova-doporuceni-pro-obyvatelstvo-ceske-republiky/>

STYLIANOPOULOS, C. L., 2005: Carbohydrates: Chemistry and Classification, s. 303-309. In: CABALLERO, B., ALLEN, L., PRENTICE, A. (eds.): *Encyclopedia of human nutrition*. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier. ISBN: 978-0-12-226694-2

TACON, A. G. J., 1987: Essential nutrients – carbohydrates. In: *FAO Corporate Document Repository* [online]. Brazil: Food and Agriculture Organization of the United Nations, [vid. 2017-02-11]. Dostupné z: <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab470e/AB470E04.htm>

TESTER, R. F., KARKALAS, J., QI, X., 2004: Starch structure and digestibility Enzyme-Substrate relationship. In: *World's Poultry Science Journal*, 60(2): 186–195. DOI: 10.1079/WPS200312.

THAKUR, V. K., 2015 *Cellulose-based graft copolymers: structure and chemistry*. Taylor & Francis Group, 628 s. ISBN 978-148-2242-461.

THOMAS, D. J., ATWELL, W. A., 1999: *Starches: David J. Thomas and William A. Atwell*. St. Paul, Minn.: Eagan Press, 94 s. ISBN 1891127012.

TRNKA, T., 2002: *Organická chemie pro posluchače nechemických oborů*. Praha: Karolinum, 162 s. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 80-246-0561-9.

TURLEY, J., THOMPSON, J., 2013: *Nutrition: your life science*. Belmont: Wadsworth Cengage Learning, 537 s. ISBN 978-053-8494-847.

VAN DER MAAREL, M. J. E. C., VAN DER VEEN, B., UITDEHAAG, J. C. M., LEEMHUIS, H., DIJKHUIZEN, L., 2002: Properties and applications of starch-converting enzymes of the α -amylase family. *Journal of Biotechnology*, 94(2): 137-155. ISSN 01681656.

VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J., 2009: *Chemie potravin 1*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 602 s. ISBN 978-80-86659-15-2.

VENN, B. J., GREEN, T. J., 2007: Glycemic index and glycemic load: measurement issues and their effect on diet–disease relationships. *European Journal of Clinical Nutrition*, 61, s. 122-131. ISSN 0954-3007.

VYHLÁŠKA MZe č. 450/2004 Sb., o označování výživové hodnoty potravin

YAQOOB, P., 2013: Role of Lipids in Human Nutrition. *Handbook of Olive Oil*. Boston, MA: Springer US, 655 s. ISBN 978-1-4614-7776-1.

ZIMULA, J., 2005: Sacharidy: glykemický index. In: *Ronnie.cz* [online]. [vid. 2017-03-08]. Dostupné z: <http://kulturstika.ronnie.cz/c-1489-sacharidy--glykemicky-index.html>

6 SEZNAM ZKRATEK

AOAC – Association of Official Analytical Chemists

ATP – adenosintrifosfát

BMI – index tělesné hmotnosti

DP – stupeň polymerace

DRI – doporučená denní dávka

FAO – Organizace pro výživu a zemědělství

FDA – Úřad pro kontrolu potravin a léčiv

GALT – galaktóza-1-fosfáturidylyltransferáza

GI – glykemický index

GL – glykemická nálož

HDL – lipoprotein o vysoké hustotě

HFCS – vysoce-fruktózový kukuřičný sirup

IFIC – International Food Information Council

IOM – Institute of Medicine

LDL – lipoprotein o nízké hustotě

MUFA – mononenasycené mastné kyseliny

NADPH – nikotinamidadenindinukleotidfosfát

NPS – neškrobový polysacharid

PUFA – polynenasycené mastné kyseliny

RS – rezistentní škrob

SFA – nasycené mastné kyseliny

WHO – Světová zdravotnická organizace

7 SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1: Klasifikace sacharidů podle FAO/WHO (Gray, 2003)

Tabulka č. 2: Orientační obsah amylozy a amylopektinu v běžných potravinách obsahujících škrob (Thomas a Atwell, 1999)

Tabulka č. 3: Průměrná sladivost a nejčastější výskyt polyalkoholů (IFIC, 2009)

Tabulka č. 4: Složky a hlavní zdroje vlákniny (Gray, 2006)

Tabulka č. 5: Obsah vlákniny ve vybraných potravinách v g/100 g (Kunová, 2011)

Tabulka č. 6: Rozdělení potravin podle GI (potraviny jsou v tabulce rozděleny do tří skupin; referenční hodnotou je glukóza – GI = 100) (Kunová, 2011)

Tabulka č. 7: Příklady zastoupení stravitelných sacharidů v běžných potravinách v g na 100 g jedlého podílu (Čermák, 2002)

Tabulka č. 8: Obsah cukrů v g u běžných druhů zeleniny (Felber, 2014)

Tabulka č. 9: Doporučený denní příjem vlákniny pro dospělého člověka ve vybraných zemích (Gray, 2006)

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1: Strukturní vzorce monosacharidů glukózy a fruktózy (Robertson, 2010)

Obrázek č. 2: Strukturní vzorec sacharózy (Tacon, 1987)

Obrázek č. 3: Strukturní vzorec laktózy (Tacon, 1987)

Obrázek č. 4: Strukturní vzorec maltózy (Tacon, 1987)

Obrázek č. 5: Stavba bramborového škrobu. A: hlíza; B: elektronový mikroskopický obraz škrobu granulí; C: řez škrobu granulí ukazující letokruhy tvořených semikrystalickou a amorfní oblastí; D: detail semikrystalické oblasti; E: organizace molekuly amylopektinu do stromové struktury; F: dvě molekuly glukózy s 1,4-glykosidickou vazbou (van der Maarel et al., 2002)

Obrázek č. 6: Zevní a vnitřní zdroje glukózy a její zpracování (Ledvina et al., 2004)

Obrázek č. 7: Glykemický index (Zimula, 2005)