

## **SACHARIDY**

Jsou to organické látky, ze kterých organismus při biologických procesech nejčastěji čerpá energii. Skládají se z prvků C, H, O.

Význam sacharidů ve výživě vyplývá ze skutečnosti, že kryjí polovinu a často dokonce valnou většinu energetické potřeby člověka, zpravidla 50-80%. Podíl sacharidů ve výživě je zvláště markantní u obyvatelstva rozvojových zemí.

Sacharidy dělíme na jednoduché a složené. Sacharidy složené se skládají z většího počtu jednoduchých cukrů.

Zdroje sacharidů nalézáme především v potravinách rostlinného původu. Glukóza v čistém stavu se v potravinách nachází zřídka (např. v medu), občas se samostatně vyskytuje fruktóza. Velmi rozšířená je sacharóza, která se používá zejména jako sladidlo.

V přírodě se vyskytují nejvíce cukry složené z několika molekul jednoduchých cukrů. V rostlinné říši jsou to buď látky podpůrné (celulóza) neb zásobní (škrob). V živočišné říši se sacharidy vyskytují nejčastěji ve formě glykogenu a v této formě se ukládají do zásoby.

### **Význam sacharidů :**

1. sacharidy jsou nejdůležitější a nejpohotovější zdroj energie, který tvoří víc než polovinu energetické hodnoty naší potravy.
2. potraviny bohaté na S obsahují často i průvodní vitaminy, zejména vitamin C, vit. skupiny B a  $\beta$  – karoten.
3. nestravitelné sacharidy příznivě ovlivňují činnost střev a pomáhají předcházet některým metabolickým poruchám.

Tzv. využitelné sacharidy, ať už jednoduché nebo složené, mají jednu společnou vlastnost – jsou v GIT rozštěpeny na fragmenty, které jsou po resorpci z tenkého střeva využívány ve tkáních jako zdroje energie nebo jako stavební jednotky.

Kromě těchto S jsou v potravě přítomny další vysokomolekulární substance, které jsou z velké části tvořeny sacharidovými jednotkami nebo jejich deriváty. Tyto látky jsou však enzymy GIT štěpeny jenom částečně nebo vůbec. Ale jejich význam pro střevní funkce není zanedbatelný! Tyto vysokomolekulární sloučeniny jsou většinou zahrnovány pod sumární názvy jako vláknina, hrubá vláknina nebo nevyužitelné sacharidy.

## **KLASIFIKACE VYUŽITELNÝCH SACHARIDŮ A JEJICH VÝZNAM V POTRAVINÁCH**

Využitelné sacharidy zastoupené v potravě jsou téměř výhradně tvořeny sloučeninami hexoz, tj. monosacharidů obsahujících 6 atomů uhlíku.

Tyto je možno podle velikosti molekuly rozdělit následovně:

1. monosacharidy (1x 6C) – glukóza, galaktóza, fruktóza.
2. disacharidy (2x 6C) – sacharóza, laktóza, maltóza
3. oligosacharidy (10 - 100 x 6C) – rafinóza, stachóza
4. polysacharidy (více než 100 x 6C) – škrob, glykogen

Jednotlivé typy sacharidů jsou v potravě zastoupeny velmi nerovnoměrně. Z kvantitativního hlediska jsou nejvýznamnější škrob a sacharóza, v menší míře laktóza. Monosacharidy glukóza a fruktóza jsou obsaženy hlavně v ovoci, medu a v některých druzích zeleniny, například v karotce. Med obsahuje cca 35% glukózy a stejně tak i fruktózy, sumární množství glukózy, fruktózy a sacharózy v jednotlivých druzích čerstvého ovoce je 10 – 12%. Nemalou část z celkových sacharidů v naší potravě tvoří disacharidy, zejm. sacharóza. Průměrná spotřeba sacharózy je 100 – 120g na osobu a den, samozřejmě zde existují individuální rozdíly. Laktóza je přijímána v množství 10 – 30g denně, v kojeneckém období však tvoří hlavní sacharidovou komponentu stravy. Mateřské mléko obsahuje až 7% laktózy, což je téměř 2x víc než mléko kravské. Oligosacharidy jsou ve významnějších množstvích přítomny v luštěninách.

Tradičním zdrojem sacharidů v potravě je škrob. Většinou není chemicky homogenní a je tvořen dvěma polysacharidovými komponentami, které se liší způsobem uspořádání glukózových jednotek v molekule, amylázou a amylopektinem. Amyláza má řetězec lineární, naopak amylopektin má řetězec větvený. Hlavním zdrojem škrobu jsou v našich podmínkách obilniny a brambory, podstatně v menší míře luštěniny.

## **INTESTINÁLNÍ DIGESCE A ABSORPCE SACHARIDŮ**

Zatímco monosacharidy jsou v tenkém střevě resorbovány přímo, ostatní sacharidy musí být předtím rozštěpeny na monosacharidové jednotky, na glukózu, galaktózu a fruktózu. Digesce disacharidů a polysacharidů škrobu je katalyzována enzymy produkovanými žlázami lokalizovanými ve stěně tenkého střeva nebo mimo něj.

Trávení škrobu začíná již v dutině ústní, je velmi často omezené, protože acidické pH v žaludku zastaví působení slinné amylázy vyměšované do střeva z pankreatu. V tenkém

střevě tak vznikají postupně oligosacharidy tvořené 6,5,4,3, až 2 glukózovými jednotkami, tj. disacharid maltóza.

Štěpení maltózy, stejně jako sacharózy a laktózy již neprobíhá ve střevním lumen, ale na kartáčovém lemu enterocytů. Štěpením jednotlivých disacharidů vznikají následující monosacharidy:

Maltóza → působí na ni specifický enzym maltáza → glukóza + glukóza

Sacharóza → působí na ni specifický enzym sacharáza → glukóza + fruktóza

Laktóza → působí na ni specifický enzym laktáza → glukóza + galaktóza

Tyto produkty intestinální resorpce disacharidů, mohou být už transportovány do enterocytů a krve. V případě glukózy a galaktózy se tak děje aktivním transportem. Tzn., že tyto hexózy jsou transportovány ze střeva do krve proti koncentračnímu gradientu, tedy i v tom případě, že jejich koncentrace ve střevě je nižší než v krvi. Fruktóza je resorbována ze střeva pomaleji než glukóza a galaktóza.

Aktivita disacharidáz je ovlivněna množstvím příslušného disacharidu v potravě. Platí to zejména pro laktázu.

Definice laktázy – laktózové intolerance je pravděpodobně nejčastěji se objevující poruchou trávení disacharidů a postihuje značnou část světové populace, a přitom má ještě výrazné etnické pozadí. Zatímco u bělošské populace tato porucha jí postihuje jen 10%, u černošského obyvatelstva je to až v 70%. Porucha se manifestuje u dětí zpravidla ve věku od 4 do 16 let, takže využití laktózy z mléka v kojeneckém období není většinou ohroženo. Méně častá je deficeience sacharázy, která postihuje jen asi 0,2% populace. Na rozdíl od laktózové intolerance se však manifestuje již v kojeneckém období.

Kromě těchto specifických poruch trávení disacharidů dochází k nespecifickým poruchám digesce i resorpce při zánětech střeva, vyvolaných bakteriálními nebo virovými infekcemi, při parazitárních onemocněních střeva, při přecitlivosti na některé potraviny, dále při podávání vysokých dávek některých léků a po chirurgickém odstranění některé části GIT. Při poklesu aktivit disacharidáz zůstávají disacharidy v tenkém střevě nerozštěpeny a osmotickým efektem přitahují vodu z krevní plazmy do střevního lumen, čímž se zvyšuje střevní náplň. Trávenina pak rychle postupuje do tlustého střeva, kde jsou nestrávené disacharidy rozkládány bakteriemi, přičemž vznikají nízkomolekulární látky zvyšující osmotický efekt. Zůstane-li např. 50g disacharidů nestráveno, tyto disacharidy spolu s produkty jejich bakteriálního rozkladu váží na sebe až litr vody, což výrazně zvyšuje obsah

tlustého střeva i tlak na jeho stěnu a vede tak k vodnatému průjmu. Vzhledem k tomu, že střevní pasáž je patologicky zvýšena a tudíž kontakt živin s intestinální sliznicí je zkrácen, může při těchto poruchách sekundárně docházet i ke snížené digesci a resorpci jiných živin, včetně vitaminů. Příznaky vymizí po vyloučení příslušného disacharidu z potravy. Eliminace sacharózy z potravy nemá žádné negativní důsledky, naopak může mít výsledky spíše pozitivní, vzhledem k tomu, že sacharóza je zčásti zodpovědná za vznik zubního kazu.

Z nutričního hlediska je závažnější laktózové intolerance pro nesnášenlivost mléka, vzhledem k výše popsaným nepříjemným intestinálním potížím spojených s jeho požitím. Vzhledem k tomu, že mléko je bohatým zdrojem vitaminů rozpustných v tucích a kalcia, je nutné tento problém nějakým způsobem vyřešit. Toto řešení bylo nalezeno v podávání bezlaktózového mléka, v němž je obsah laktózy uměle snížen, ale obsah ostatních složek včetně kalcia je zachován.

Intestinální zpracování a účinky oligosacharidů obsažených v luštěninách – stachyózy a vebaskózy na intestinální funkce. Luštěniny jsou bohatým zdrojem bílkovin, vlákniny, škrobu, vitaminů a minerálií. Žádná část GIT však neprodukuje enzymy schopné štěpit zmíněné oligosacharidy. Tyto procházejí tudíž do tlustého střeva, kde vzniká značné množství plynů, hlavně CO<sub>2</sub>, což vede k plynatosti, případně průjmu. Vzhledem k tomu, že tyto oligosacharidy jsou rozpustné ve vodě, lze jejich obsah v luštěninách výrazně snížit několikahodinovým máčením ve vodě před kuchyňskou úpravou.

## **OSUD MONOSACHARIDŮ VSTŘEBANÝCH ZE STŘEVA, JEJICH DALŠÍ PŘEMĚNA**

Monosacharidy resorbované z tenkého střeva jsou portálním oběhem transportovány do jater. Vstřebaná galaktóza je sérií reakcí přeměněna na glukózu. Nejdříve je galaktokinázou přeměněna na galaktózo-1-fosfát, který je dále přeměněn účinkem galaktózo-1-fosfát uridylyl transferázy na glukózo-1-fosfát a tento fosfotylovaný produkt již může vstupovat do dalších metabolických drah. Rovněž v případě glukózy a fruktózy je prvním krokem jejich metabolismu fosforylace.

Fosfáty hexóz mohou být využity v následujících hlavních metabolických drahách:

1. štěpeny jako energetický substrát ve všech tkáních
2. přeměny na rezervní polysacharid glykogen – tato dráha se uplatňuje zejména v játrech a kosterních svalech
3. přeměna v játrech a v tukové tkáni na MK a TAG, sloužící, na rozdíl od glykogenu, jako strategická energetická rezerva

Některé produkty metabolismu glukózy mohou být transaminací přeměněny na AK a naopak některé AK jsou v případě potřeby, glukoneogenezí využity pro tvorbu glukózy. Toto se uplatňuje zejména při hladovění nebo při nízkém přívodu sacharidů, tj. při přívodu vysokotukové nebo vysokoproteinové diety, kdy glukoneogeneze poskytuje nezbytná množství glukózy pro mozek. Glukoneogeneze je výrazně akcentována při stresových situacích a rovněž při špatné kompenzaci diabetu.

Rozdělení glukózy mezi výše uvedené metabolické dráhy je závislé na aktuálním nutričním a hormonálním stavu organismu. Většinou velká část glukózy resorbované ze střeva přechází játry do cirkulace a je k dispozici periferním tkáním pro přímé využití jako energetický substrát, nebo pro tvorbu glykogenových a tukových rezerv.

Cesta fruktózy je částečně odlišná. Převážná část fruktózy přiváděné portálním oběhem do jater je zde vycytána a jen malou část játra propustí do krve z nich odtékající do periferní cirkulace. V játrech je fruktóza částečně přeměněna – podobně jako galaktóza – na glukózu, zčásti je použita pro syntézu glykogenu a zejména TAG. Vysoká kapacita jater syntetizovat MK a TAG a vydávat tyto 2 ve formě velmi nízkodenzitních lipoproteinů VLDL do cirkulace způsobuje, že zvýšený přívod fruktózy jako takové nebo jako součást disacharidu sacharózy zvyšuje koncentrace plazmatických TAG.

Z energetických substrátů cirkulujících v krvi tvoří glukóza jejich nejpodstatnější složku. Její koncentrace na lačno v krvi je 3,3-6,1 mmol/l. Stěny kapilár jsou pro glukózu volně prostupné. Samotná koncentrace glukózy v krvi tzv.(glykémie) je výslednicí mezi příjmem glukózy a glukoneogenezí na jedné straně a mezi její neustálou konzumací buňkami celého těla na straně druhé. Tyto procesy jsou přísně regulovány, a proto kolísání glykémie je možno pouze v určitých limitech. Při namáhavé práci dochází ke zvýšenému odběru glukózy a organismus je ohrožován hypoglykemií. Po jídle, zejména bohatém na látky sacharidové povahy, může vzniknout tzv. alimentární hyperglykémie. Stav glykémie je registrován glukoreceptory umístěnými jednak v hypotalamu (centrální), jednak na periférii. Stav glykémie je rozhodující např. pro činnost CNS, protože nervová tkáň za normálních podmínek využívá glukózu jako výhradní energetický substrát. Prostřednictvím metabolismu glukózy je do značné míry ovlivňován a regulován metabolismus jako celek. Jediným hypoglykemizujícím faktorem je inzulin. Hyperglykemizující hormony jsou glukagon, glukokortikoidy, adrenalin, somatotropní hormon a nepřímo tyroxin.

Glukagon a adrenalin zvyšují hladinu krevního cukru velmi rychle a krátkodobě. Mechanismus jejich účinku je prakticky stejný: aktivací jaterní fosforylázy dochází ke

glykogenolýze. Uvedená reakce má charakter zpětné vazby, tj. při poklesu glykémie dojde k inkreci adrenalinu (glukagonu) do vnitřního prostředí. Touto rychlou regulací se organismus vyrovnává s nastávající nebo předvídanou obtížnou energetickou situací, jako je např. boj, útěk. Glukagon, který je často označován jako hormon nedostatku energie, má mimo uvedený účinek, stimulační efekt na inkreci inzulínu a současně podporuje i glukoneogenezi.

Vliv somatotropního hormonu se uskutečňuje v organismu prostřednictvím somatomedinu, který je produkován v játrech, svalech, event. v tukové tkáni. Dlouhodobé působení nebo velké dávky uvedených hormonů vedou v organismu antiinzulárnímu efektu. Odběr glukózy tkáněmi se snižuje, takže dochází k hyperglykémii. Současně se zvyšuje lipolýza.

Účinek glukokortikoidů tkví v tom, že tyto hormony výrazně stimulují glukoneogenezi. Jejich účinek nastupuje průkazně pomaleji a má dlouhodobější charakter.

Tyroxin potencuje účinek adrenalinu: sám o sobě obecně stimuluje metabolické procesy včetně oxidací, a tím zvyšuje všeobecné nároky na energetické substráty.

Inzulin je klíčovým hormonem, který zvyšuje transport glukózy do svalových buněk, tukových buněk (při přebytku glukózy dochází k lipogenezi), do jaterních buněk, ale nikoli do CNS nebo do ledvin. Nervový systém se výrazně podílí na regulaci glykémie, a to prostřednictvím sympatiku či parasympatiku (vagová inervace pankreatu).

Ústřední postavení pro metabolismus sacharidů i pro udržování glykémie mají játra (tzv. glukostatická fce jater).

Kyselina mléčná představuje meziproduct sacharidového metabolismu. Její hladina v krvi je značně variabilní a závisí např. na svalové námaze, na prokrvení tkání, nebo na zásobení tkání kyslíkem. Její nahromadění ve svalech je jednou z příčin svalové únavy. Současně je ale dobrý substrátem a energetickým zdrojem v některých orgánech.

## **PORUCHY METABOLISMU GLUKÓZY, GLYKOGENU A FRUKTÓZY**

Regulace hladiny glukózy v krvi dobře funguje u zdravého organismu, ale může být také v různém stupni a různými mechanismy narušena při diabetu mellitu. Diabetes mellitus je nejčastější a nejzávažnější poruchou sacharidové přeměny. Diabetes mellitus je chronické onemocnění charakterizované primárně zvýšenou glykemií, i když velmi časté jsou i negativní alterace spektra lipoproteinů – vzestup triglyceridů, VLDL, i cholesterolu LDL a naopak pokles HDL. Tyto změny jsou jednou z příčin alterované aterogeneze u diabetiků i jejich fatálních komplikací.

Glykogenózy jsou charakterizovány depozicí enormních množství glykogenu některých orgánech. Příčinou jsou deficiencie enzymu jeho štěpení na glukózu (glukózo-6-fosfatázy, glukosidázy). Často jsou nadměrnou depozicí postižena játra, kdy dochází k výrazné hepatomegalii. Játra nejsou schopna uvolňovat glukózu z glykogenu, což vede k hypoglykémii, hypoinzulinémií, hyperglukagonémií a výrazné retardaci růstu.

Poruchy utilizace fruktózy jsou 2 známé a souvisejí s deficiencí metabolismu fruktózy- esenciální fruktosurie a hereditární fruktosurie.

Esenciální fruktosurie je důsledkem deficiencie fruktokinázy, enzymu fosforylujícího fruktózu. Fruktóza je ve střevě resorbována, není však v játrech fosforylována na fruktózo-1-fosfát a přechází do cirkulace. Koncentrace fruktózy v periferní krvi po jejím podání je u osob s touto poruchou podstatně vyšší než u zdravých osob. Porucha je benigní, kromě fruktosurie nemá další nepříznivé projevy.

Závažnější poruchou metabolismu fruktózy je hereditární fruktózová intolerance, manifestující se již u kojenců, způsobená deficiencí aldolázy štěpící fruktózo-1-fosfát. Tento metabolit je tudíž v játrech kumulován, což inhibuje glykogenolýzu i glukoneogenezi, čehož klinickým důsledkem je hypoglykémie. První symptomy se objevují, když mateřské mléko je substituováno náhradními přípravky obsahujícími jako sacharidový zdroj sacharózu nebo fruktózu. Přívod této náhradní výživy vede ke zvracení, hypoglykémii, křečím a poruchám krevní koagulace. V důsledku hypoglykémie dochází k aktivaci sekrece hormonů stimulujících uvolňování neesterifikovaných MK z tukové tkáně. Z těchto jsou v játrech syntetizovány triglyceridy, jejichž výdej z jater je však narušen, což vede ke steatóze. U této poruchy je nutné vyloučit z diety všechny potraviny obsahující fruktózu nebo sacharózu. Vyloučit je třeba i např. sorbitol, protože může být v játrech přeměněn na fruktózu. Diagnóza poruchy je založena na poklesu glykémie (snížení glykogenolýzy a glukoneogeneze) po podání fruktózy.

Galaktosémie je porucha metabolismu galaktózy, jejíž příčinou je deficit galaktokinázy, enzymu fosforylujícího galaktózu na galaktózo-1-fosfát. Klinicky se porucha projevuje již v prvních dnech po narození zvracením a průjmem, úbytkem na váze, hypoglykemií. Není-li galaktóza (tj. její zdroj laktóza z mateřského mléka) eliminována z potravy, může dojít k jaternímu a renálnímu selhání nebo k úmrtí na interkurentní infekce.

## **SACHARIDY V POTRAVINÁCH**

Vznikají v přírodě v buňkách fotoautotrofních organismů asimilací vzdušného oxidu uhličitého v přítomnosti vody při využití energie denního světla tzv. fotosyntézou. Jejich

zdroji v potravě jsou kromě mléka potraviny rostlinného původu. Jsou levné a relativně celosvětově dostupné.

*Tab. Klasifikace a potravinové zdroje sacharidů*

	<b>monosacharidy</b>	<b>disacharidy</b>			<b>stravitelné PS</b>	<b>nestravitelné PS</b>
<b>zástupci</b>	glukóza, fruktóza, galaktóza, ...	maltóza	sacharóza	laktóza	škrobové PS s výjimkou rezistentních	nekrobové PS, rezistentní škroby
<b>potravinové zdroje</b>	med, ovoce, džus, vína	klíčky obilovin a sladu	řepný cukr, javorový sirup	mléko	obiloviny, luštěniny, brambory	zelenina, ovoce, luštěniny, ...
<b>produkty štěpení v tenkém střevě</b>	glukóza, fruktóza, galaktóza	glukóza	glukóza, fruktóza	glukóza, galaktóza	glukóza	acetát, propionát, butyrát (v tlu. střevě)

Hlavní monosacharidy potravy jsou glukóza (hroznový cukr), fruktóza (ovocný cukr). Jsou zastoupeny v ovoci, v medu, ve vínech, zelenině, luštěninách.

Nejvýznamnější mezi oligosacharidy jsou sacharóza (řepný a třtinový cukr), laktóza (cukr mléčný) a maltóza (vznikají štěpením škrobu v obilovinách).

Polysacharidy potravy se dělí podle schopnosti být štěpeny lidskými sacharidázami na tzv. stravitelné (využitelné) polysacharidy a sacharidy nestravitelné. Stravitelné jsou štěpeny na oligosacharidy a monosacharidy a využívány jako zdroj energie.

Hlavními potravinovými zdroji stravitelných polysacharidů jsou škroby, ty se nacházejí zejména v obilovinách a jejich produktech, bramborách, luštěninách, zelenině. Škrobový polysacharid živočišného původu – glykogen – má ve výživě člověka minimální význam, protože se po smrti živočichů rozkládá.

Všechny sacharidy jsou v organismu štěpeny sacharidázami na monosacharidy. Glukóza, nejdůležitější monosacharid, je základním energetickým substrátem metabolismu prakticky každé buňky lidského organismu.



Až 38 molekul ATP, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O



**aerobní oxidace**

**1 MOLEKULA GLUKÓZY**



**anaerobní glykolýza**

2 molekuly ATP, 2 molekuly kyseliny mléčné

Glukóza je nepostradatelná pro tkáně, které nejsou schopny normální oxidace v mitochondriích. Jde především o červené a bílé krvinky. Také pro CNS představuje glukóza výhradní zdroj energie, zastupitelný pouze ketolátkami v případě hladovění.

Dostatečný příjem sacharidů potravou zabraňuje u zdravého organismu odbourávání endogenního proteinu a urychlené oxidace tuků s následnou acidózou. Zásoby sacharidů ve formě glykogenu jsou malé. Slouží pouze akutní potřebě glukózy, eventuálně energie a vystačí zhruba na 12-18 hodin.

### **NESTRAVITELNÉ SACHARIDY**

Vyznačují se částečnou až úplnou rezistencí vůči hydrolýze trávicími šťávami člověka, s výjimkou rozpustné vlákniny procházejí v nezměněné formě tenkým střevem a mohou být fermentovány tak fermentovány teprve účinkem enzymů mikroflóry tlustého střeva za vzniku energeticky využitelných MK s 2-4 atomy uhlíku. Z 1g vlákniny se tak získají 3 kJ. Konečnými produkty fermentace vlákniny jsou plyny: oxid uhličitý, vodík, methan a voda.

Mezi neškrobové polysacharidy patří celulóza, hemicelulózy, pektin, insulin, oligosacharidy, gummy, slizy. Jsou obsaženy zelenině, luštěninách, ovoci, obilovinách.

Obsah rezistentních škrobů závisí na druhu potravin a užití technologických procesů při výrobě potravin.

Ovoce, oves, slad, luštěniny, brambory

**Rozpustná vláknina**

Pektin, inulin, některé hemicelulózy, rostlinné slizy, gumy, rezistentní škroby, fruktooligosacharidy

Částečně je štěpena v tenkém střevě, tvoří gely-zpomalení pasáže v horní části GIT a zvýšení viskozity střevního obsahu – snížený přístup trávicích šťáv k substrátům a vazba minerálních látek – snížení vstřebávání živin (Ca, Fe, Cu, Zn) a žlučových kyselin (hypocholesterolemický účinek), zpomalení rychlosti resorpce glukózy (snížení strmosti vzestupu glykémie), prebiotikum.

Zelenina, otruby a celozrnné výrobky

**Nerozpustná vláknina**

Lignin, celulóza, některé hemicelulózy

Zvyšuje objem stolice (zředění nebo vazba toxických látek) a zkracuje tranzitní čas stolice tlustým střevem – omezení resorpce toxických látek, snížení vstřebávání některých živin, hrubá mechanická čistící funkce ve střevě.

Doporučený denní příjem vlákniny pro dospělého člověka 25-30g u dospělého člověka, v poměru rozpustné ku nerozpustné vláknině 1:3.