

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Čím sladit?

Bakalářská práce

Autor práce: Veronika Karnetová

Studijní program: Výživa a potraviny

Vedoucí práce: Ing. Zuzana Hroncová, Ph.D.

© 2022 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Čím sladit?" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 12.4.2022

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala své vedoucí bakalářské práce Ing. Zuzaně Hroncové, Ph.D. za odborné a cenné rady, za ochotu jakkoliv poradit při psaní bakalářské práce a hlavně za milý, vstřícný a zodpovědný přístup a čas, který mi během zpracovávání práce věnovala. Dále bych ráda poděkovala své rodině a přátelům, kteří mi byli v nesnázích při psaní bakalářské práce vždy oporou.

Čím sladit?

Souhrn

Bakalářská práce s názvem „Čím sladit?“ je rozdělena do několika částí.

První část nastiňuje blíže, co to jsou sacharidy a dále nahlíží na jejich trávení v jednotlivých částech lidského gastrointestinálního traktu.

Druhá část je věnována cukru, kde jsou stručné informace o cukru a o jeho historii. Hlavní část je zaměřena na vliv cukru na lidské zdraví, kde jsou rozebírány problémy nadváhy a obezity, kterou cukr způsobuje. Dále je pozornost věnována nemocem, které mohou být právě důsledkem vysokého Body Mass Index (BMI).

Třetí část je zaměřena na náhradní sladidla, kde je nastíněno, co to jsou náhradní sladidla, a jejich dělení. Přírodní náhradní sladidla mají původ v přírodě a jejich vliv na lidské zdraví je podobný jako u cukru. Základem těchto sladidel je totiž často glukóza, fruktóza nebo sacharóza. Na druhé straně některá sladidla syntetická mohou být prospěšná pro zdraví ústní dutiny, ale naopak mohou způsobovat onemocnění různého druhu jako jsou například diabetes mellitus, karcinomy, kardiovaskulární onemocnění a další). Tyto hypotézy jsou ale sporné, protože výsledky studií se mnohdy neshodují. Poslední kapitola je tedy věnována vlivu náhradních syntetických sladidel na lidské zdraví. Rozebírá, jestli jsou tato sladidla pro lidský organismus nezávadná nebo jestli mu naopak nějakým způsobem škodí nebo snad jestli jsou příčinou některých onemocnění.

Klíčová slova: jednoduché cukry; přírodní sladidla; umělá sladidla; závislost; insulin.

What to sweeten with?

Summary

The bachelor thesis named "What to sweeten with?" is divided into several parts.

The first part outlines what saccharides are and then looks at their digestion in different parts of the human gastrointestinal tract.

The second part is devoted to sugar, with brief information about sugar and its history. The main part focuses on the impact of sugar on human health, discussing the problems of overweight and obesity caused by sugar. In addition, attention is given to diseases that can be the consequence of a high BMI.

The third part focuses on alternative sweeteners, outlining what alternative sweeteners are and their subdivision. "Natural alternative sweeteners" originate from nature and their effect on human health is similar to that of sugar. These alternative sweeteners are often based on glucose, fructose or sucrose. On the other hand, some synthetic alternative sweeteners may be beneficial for oral health but, on the contrary, they may cause diseases of various kinds (diabetes, carcinomas, cardiovascular diseases, etc.). However, these hypotheses are controversial because the results of studies are often not consistent. The last chapter is devoted to the impact of synthetic alternative sweeteners on human health. It discusses if these sweeteners are therefore safe for the human body, or if they are somehow harmful to it, or perhaps if they are the cause of certain diseases.

Keywords: simple sugars; natural sweeteners; artificial sweeteners; addiction; insulin.

Obsah

1 Úvod	7
2 Cíl práce.....	8
3 Literární rešerše.....	9
3.1 Sacharidy	9
3.1.1 Rozdělení sacharidů.....	9
3.1.1.1 Monosacharidy	10
3.1.1.2 Oligosacharidy.....	12
3.1.1.3 Polysacharidy	13
3.1.2 Trávení sacharidů.....	16
3.1.3 Metabolismus sacharidů	19
3.1.3.1 Glykolýza	20
3.1.3.2 Glukoneogeneze	20
3.2 Cukr.....	21
3.2.1 Historie cukru	21
3.2.2 Vliv cukru na lidské zdraví.....	22
3.2.2.1 Glykemický index	24
3.3 Náhradní sladidla.....	25
3.3.1 Přírodní náhradní sladidla.....	25
3.3.1.1 Zdroje přírodních náhradních sladidel	26
3.3.1.2 Vliv přírodních náhradních sladidel na lidské zdraví.....	28
3.3.2 Syntetická náhradní sladidla	29
3.3.2.1 Syntetická náhradní sladila podobná přírodním (cukerné alkoholy). 29	
3.3.2.2 Ostatní syntetická náhradní sladidla.....	31
3.3.2.3 Vliv syntetických náhradních sladidel na lidské zdraví	35
4 Závěr	40
5 Seznam použité literatury	42
6 Seznam použitých zkratek a symbolů	59
7 Seznam obrázků a tabulek	60

1 Úvod

Ještě před sto lety nepřesahoval v ČR roční příjem cukru 3 kg na osobu. Problémem dnešní populace (nejen u nás ale i ve světě) je každodenní přejídání se cukrem. V dnešní době průměrný Čech zkonsumuje kolem 35 kg cukru ročně. Člověk mnohdy dokáže zkonsumovat téměř dvojnásobnou dávku, než je denní doporučená tj. 50 gramů (cca 17 kostek cukru). Spotřeba medu v roce 2017 se v ČR pohybovala kolem 1 kg/osoba/rok. Což je opět velké množství. Tomuto trendu je v dnešní době obtížné se vyvarovat, protože se cukr nachází ve velkém množství v běžně konzumovaných potravinách. Pokud cukr člověk konzumuje často, může si na něm vytvořit závislost a každým dnem ho potřebuje více a více. To ale rozhodně není správně, protože je nositelem prázdných kalorií a nadbytek přijatého cukru způsobuje nadváhu až obezitu. To je v dnešním světě stále více řešený problém. Nehledě na to, že cukr by mohl být původce i dalších druhů onemocnění, jako je diabetes, kardiovaskulární nebo nádorové onemocnění.

Proto byl výzkum směřován k vývoji náhradních sladidel, která jsou nízkokalorická nebo úplně bez kalorií. Měla vyřešit problém s obezitou nebo se stále přibývajícím počtem jedinců s diabetes mellitus 2. typu. V posledních letech je konzumace náhradních sladidel populární, protože jsou výrazně prezentována právě pro jedince, kteří si chtějí udržet nebo snížit tělesnou hmotnost. Spotřeba rok od roku roste. Zde je ale na místě položit si otázku, jestli opravdu po náhradních sladidlech neroste tělesná hmotnost a jestli jsou vhodná jako náhrada sacharosy pro diabetiky. Jestli ovšem náhradní sladidla v tomto směru fungují, jsou pro náš organismus skutečně neškodná?

2 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je zpracovat přehlednou literární rešerši zaměřenou na porovnání různých sladidel a zodpovědět otázku, které z nich je tedy pro naše zdraví vhodnější.

3 Literární rešerše

3.1 Sacharidy

Pojmem sacharidy rozumíme širokou skupinu živin, která zahrnuje jednoduché molekuly (cukry – monosacharidy, disacharidy a oligosacharidy) a složité formy (polysacharidy/škroby). Ve výživě člověka jsou sacharidy ze všech tří hlavních živin (bílkoviny, tuky, sacharidy) převažujícím zdrojem energie (Fořt & Mach 2014). Tyto látky jsou pro tělo důležité i v jiných ohledech, než je zdroj energie, např. dodávají organismu celulosu, která je důležitá pro lidské zdraví (BeMiller 2018).

Sacharidy jsou obsaženy hlavně v potravinách rostlinného původu, např. v obilovinách, zelenině a luštěninách. Zvláštní skupiny sacharidů se vyskytují i v houbách nebo řasách (Fořt & Mach 2014). Sacharidy se v rostlinách nejčastěji nachází ve formě polymerů (polysacharidů). V rostlinné sušině zastupují průměrně 90 % jejího složení a v živém organismu téměř tři čtvrtiny (BeMiller 2018).

3.1.1 Rozdělení sacharidů

Sacharidy se rozdělují na monosacharidy, oligosacharidy a polysacharidy (tab. 1).

Ke slazení se používají monosacharidy, např. glukosa, fruktosa a galaktosa a disacharidy (oligosacharidy) jako jsou např. maltosa, laktosa, sacharosa.

Tabulka č. 1 Hlavní druhy sacharidů v potravinách (Fořt & Mach 2014)

Třída	Podskupina	Složka	Potravina
Cukry	Monosacharidy a disacharidy	Glukosa	Med
		Galaktosa	Ovoce
		Fruktosa	Stolní sladidla
		Sacharosa	Stolní sladidla
		Laktosa	Mléko
Oligosacharidy	Maltooligosacharidy a jiné oligosacharidy	Maltodextriny	Sója
		Rafinóza	Artičoky
		Stachyóza	Cibule
		Fruktooligosacharidy	-
Polysacharidy	Škrob a neškrobové polysacharidy	Amylosa	Rýže
		Amylopektin	Chléb
		Celulosa	Brambory
		Hemicelulosa	Těstoviny
		Pektin	Všechny druhy ovoce a zeleniny
		Hydrokoloidy	Všechny druhy ovoce a zeleniny

Polysacharidy jako celulóza, amyloza, amylopektin a škrob jsou významné v jiných oblastech, než je slazení nápojů a pokrmů. Dělí se na stravitelné a nestravitelné (vláknina) (Fořt & Mach 2014).

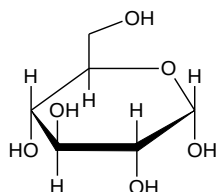
3.1.1.1 Monosacharidy

Monosacharidy jsou molekuly, které nemohou být rozloženy hydrolýzou na menší molekuly. Proto jsou nazývány jako jednoduché cukry nebo jen cukry. Molekula monosacharidu je tedy složena z monomerní sacharidové jednotky a nejčastěji slouží jako stavební jednotky pro oligo- a polysacharidy, které se v potravinách nacházejí ve skupinách nazývaných sacharosové skupiny (BeMiller 2018).

Jednoduché cukry se dělí na dvě skupiny: aldózy, které obsahují aldehydickou skupinu ($-\text{CHO}$) a ketózy, které obsahují ketoskupinu ($\text{C}=\text{O}$). Dále jsou klasifikovány do skupin podle počtu uhlíkových atomů v molekule: triózy, tetrózy, pentózy, hexózy atd. Nejznámější zástupci této skupiny jsou glukosa a fruktosa (Wrolstad 2012).

Glukosa

Glukosa (obr. 1) je esenciální monosacharid nacházející se v buňkách savců. D-glukosa představuje hlavní zdroj energie a za normálních fyziologických podmínek je jediným zdrojem energie pro mozek. Tělo jí získává přímo ze stravy (Szablewski 2011).

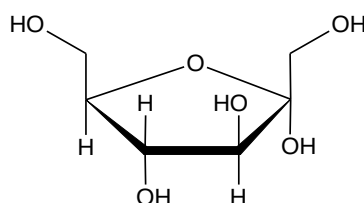


Obrázek č. 1 Glukosa

Právě ve stravě představuje glukosa hlavní monosacharid, který tělo získává při trávení složitějších sacharidů (Patel 2019).

Fruktosa

Za nejsladší sacharid se považuje fruktosa (obr. 2). Je dokonce sladší než cukr (Strunecká & Patočka 2012). Nachází se v různých druzích potravin, např. v ovoci (tab. 2), v zelenině nebo v medu a řadí se mezi hlavní energetické zdroje (Sripathi 2020).



Obrázek č. 2 Fruktosa

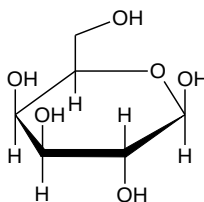
Tabulka č. 2 Obsah fruktosy v některých druzích ovoce (Strunecká & Patočka 2012)

Ovoce	Množství ovoce	Množství cukru (g)
Mandarinka	1 ks	4,8
Nektarinka	1 ks	5,4
Broskev	1 ks	5,9
Pomeranč	1 ks	6,1
Banán	1 ks	7,1
Hruška	1 ks	11,8
Rozinky	¼ šálku	12,3
Hroznové víno	1 šálek	12,4
Mango	1 ks	32,4
Meruňky sušené	1 šálek	16,4
Fíky sušené	1 šálek	23,0

Je důležitá pro potravinářský průmysl, a proto se vyrábí ve velkém množství (ročně asi 250 000 tun) z řepného cukru nebo škrobu (Strunecká & Patočka 2012). Tvrdí se, že dokáže pomoci při řízení hladiny glykémie (Sánchez-Lozada et al. 2008), ale na druhou stranu, že je škodlivější než jiné cukry, hlavně s ohledem na vývoj aterosklerózy, diabetes mellitus 2. typu a obezity (Sripathi 2020). Při konzumaci fruktosy existuje riziko kardiometabolických poruch, dyslipidémie, insulinové rezistence, cukrovky a obezity. Játra zpracují 100 % přijaté fruktosy, kterou většinou přemění na tukovité látky (mastné kyseliny, cholesterol LDL nebo zásobní tuky) (Bray 2010; Strunecká & Patočka 2012). Tento tuk se později ukládá v játrech (Chung et al. 2014), okolo srdce nebo v břiše. Takto obézním lidem hrozí riziko infarktu, onemocnění jater, ateroskleróza nebo vznik vysokého krevního tlaku. Zvýšení hladiny fruktosy (a celkově cukru) v krvi vede ke vzniku diabetes mellitus 2. typu (Bray 2010; Strunecká & Patočka 2012).

Galaktosa

Galaktosa (obr. 3) je monosacharid, který je podobně sladký jako glukosa a asi o 65 % sladší než sacharosa (Spillane 2006).



Obrázek č. 3 Galaktosa

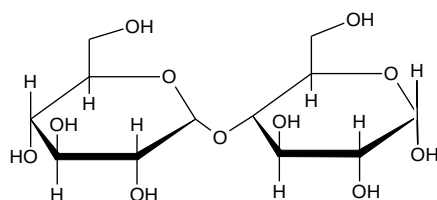
Má stejnou strukturu jako glukosa, ale odlišuje se od ní polohou jedné hydroxylové skupiny. Toto odlišení má vliv na chemické a biochemické vlastnosti. Hlavním zdrojem galaktosy je laktosa, která se nachází v mléce. Tento disacharid je složen z glukosy a právě galaktosy (Williams 2003).

3.1.1.2 Oligosacharidy

Oligosacharidy jsou krátké řetězce složené z více monomerů. Obvykle bývají složeny ze 2-10 sacharidových jednotek, které jsou spojeny glykosidickou vazbou. Podle počtu sacharidových jednotek v molekule se rozlišují oligosacharidy na di-, tri-, tetra-, penta-, hexa-, hepta-, nona- a dekasacharidy. Obsahují jeden redukující konec a alespoň jeden neredukující konec, který nemá volnou karbonylovou skupinu. Redukující konec se tak nazývá proto, že obsahuje volnou aldehydickou skupinu, která může být napojená na atom uhlíku jiné monosacharidové jednotky a vytvořit tak rozvětvené struktury (BeMiller 2018). Mezi nejznámější oligosacharidy řadíme maltosu, laktosu a sacharosu.

Maltosa (sladový cukr)

Maltosa (obr. 4) je tvořena dvěma molekulami D-glukosy. Je to redukující disacharid a má tedy volnou aldehydickou skupinu, díky které je schopen tvořit α a β izomery.

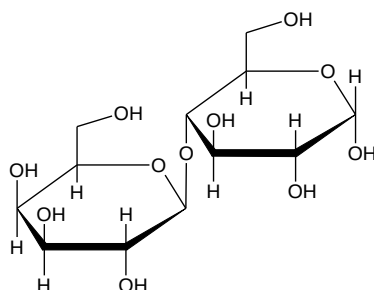


Obrázek č. 4 Maltosa

Tento disacharid vzniká hydrolýzou škrobu za využití enzymu β -amylázy, který postupně uvolňuje jednotlivé disacharidy z polysacharidu. V přírodě se vyskytuje vzácně a jen v rostlinách (BeMiller 2018)).

Laktosa (mléčný cukr)

Disacharid, který se nachází v mléku, se nazývá laktosa (obr. 5). Stejně tak jako maltosa, je laktosa redukující disacharid s volnou aldehydickou skupinou. Pro lidské tělo je velice důležité, aby se laktosa rozdělila na monosacharidy D-glukózu a D-galaktosu. To dokáže provést v teplém, kyselém roztoku nebo za působení enzymu laktasy.



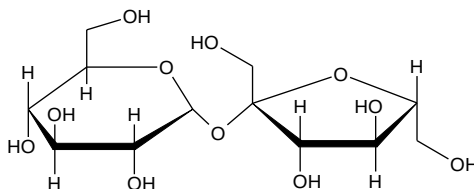
Obrázek č. 5 Laktosa

Koncentrace laktosy v mléce savců se pohybuje v rozmezí od 2,0 % do 8,5 % (např. kravské a kozí mléko obsahuje od 4,5 % do 4,8 % laktosy a mateřské mléko kolem 7 % (BeMiller 2018).

Někteří jedinci nejsou schopni tento disacharid štěpit (a poté trávit) na monosacharidy (glukózu a galaktózu). Příčinou je úplný nebo částečný nedostatek aktivity enzymu laktasa v tenkém střevě. Toto onemocnění se nazývá laktózová intolerance. Nejčastěji se projevuje zvýšenou plynatostí, bolestmi břicha, případně i řídkou stolicí po požití mléka nebo méně často i po konzumaci mléčných výrobků. Tyto střevní problémy jsou způsobeny tím, že se nerozštěpená laktóza dostane až do tlustého střeva, kde je fermentována přirozeným střevním mikrobiomem na laktát, vodík, metan a mastné kyseliny s krátkým řetězcem (Tláškal 2018).

Sacharosa (třtinový cukr)

D-glukosa a D-fruktosa jsou monosacharidy, které společně tvoří disacharid sacharózu (obr. 6). Jako sladidlo se používá nejčastěji a nazývá se též cukr.



Obrázek č. 6 Sacharosa

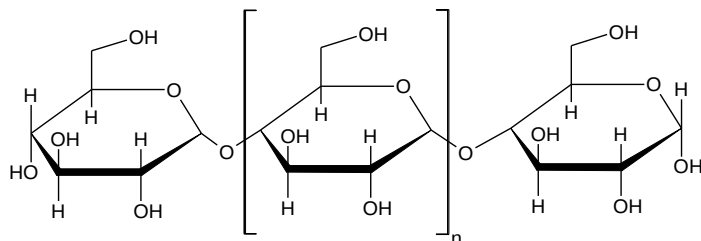
Sacharosa je neredukující se disacharid, a tedy nereaguje s Fehlingovým roztokem nebo Tollensovým činidlem při testování pro detekci aldehydů nebo ketonů. Sacharosa je tak labilní vůči kyselinám, že i slabý zředěný roztok kyseliny octové, zahřátý na teplotu varu cukerného roztoku, může mít některé hydrolytické efekty (BeMiller 2018).

3.1.1.3 Polysacharidy

Tato skupina sacharidů se v přírodě vyskytuje nejhojněji (90 % sacharidů zastupují polysacharidy). Polysacharidy jsou vysokomolekulární látky, které jsou obvykle tvořeny z více než dvaceti monosacharidových jednotek, to znamená, že tvoří polymery z monosacharidů (BeMiller 2018). Rozdělují se na stravitelné (např. škrob) a nestravitelné (např. vláknina) (Fořt & Mach 2014). Polysacharidy (stejně tak, jako oligosacharidy) mohou mít lineární nebo rozvětvenou strukturu. Všechny tyto polymerické molekuly mají pouze jeden redukující konec a z nich větvené obsahují více neredukujících konců (BeMiller 2018). Mezi nejvýznamnější polysacharidy patří celulóza, amyloza, amylopektin a škrob.

Amylosa

Škrob je hlavní sacharid v rostlinách, který je složen ze dvou různých polysacharidových frakcí. Jednou z nich je právě amylosa (obr. 7) (ve škrobu je zastoupena z 20-30 %).

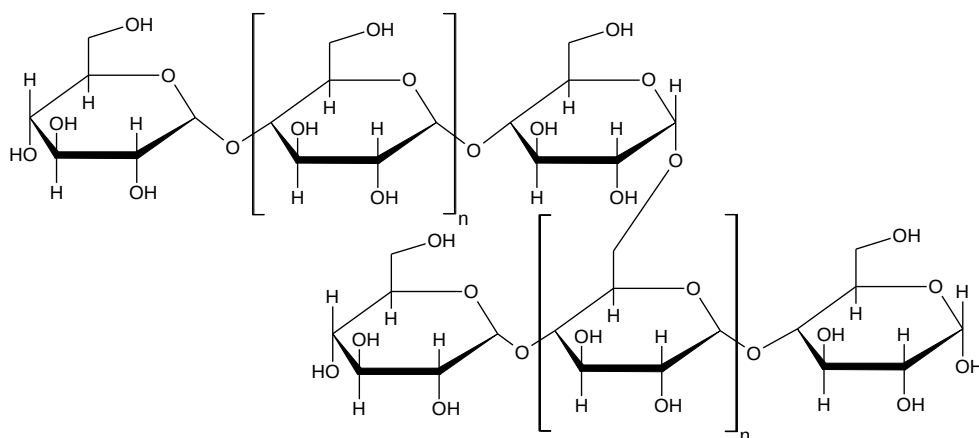


Obrázek č. 7 Amylosa

Je to lineární polysacharid s $\alpha(1 \rightarrow 4)$ navázanými glukosovými jednotkami (Dutta 2020). Stupeň polymerace amylosy je 1000-5000 DP nebo více (BeMiller & Whistler 2009). Amylosa v roztoku rychle krystalizuje do formy levotočivé dvoušroubovice typu A nebo typu B ve fenomenu zvaném retrogradace škrobu (Zabala 2020). Díky své šroubovitě struktuře zabírá méně místa než amylopektin. Ve srovnání s amylopektinem je ale hůře stravitelná. Amylosa se podílí na ukládání energie v rostlinách (Wang et al. 2017). Je to důležité zahušťovadlo, pojivo vody, stabilizátor emulzí a želírující činidlo v potravinářském průmyslu (Chung & Lui 2009).

Amylopektin

Druhou komponentou škrobu je amylopektin (obr. 8) (se zastoupením 70-100 %). Tento polysacharid má vysoce rozvětvenou strukturu $\alpha(1 \rightarrow 6)$ navázanými glukosami (Dutta, 2020). Je více rozpustný ve vodě než amylosa (Green et al. 1975).



Obrázek č. 8 Amylopektin

Tento polysacharid se skládá z více než 100 000 polymerových jednotek (BeMiller 2018). Je to více komplexní struktura než amylosa. Obsahuje velké množství řetězců, které jsou nazývány jako řetězce A, B a C. A řetězce nejsou nijak větvené a jsou propojené s B řetězci. B řetězce nesou jeden nebo více A a/nebo B řetězců a C řetězce obsahují redukující konec polysacharidu (Zabala 2020).

Škrob

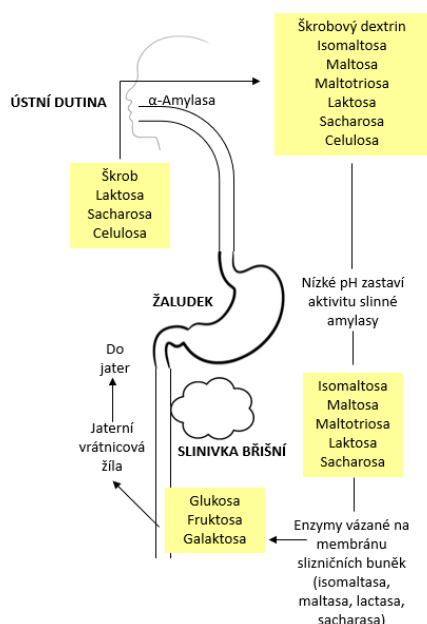
Jak bylo již dříve řečeno, škrob je hlavním sacharidem v rostlinách a je složen z amylosy a amylopektinu. Všichni jedinci, kteří nejsou schopni fotosyntézy (lidé a zvířata) jsou závislé na příjmu škrobu z rostlin (Dutta 2020). Je to jeden z nejdůležitějších biodegradabilních polymerů na Zemi. Mnoho rostlin ji využívá jako zásobu energie. Lidmi je využívána v kosmetice, v potravinách, ve farmacii atd. (Zabala 2020). Retrogradace škrobu je děj, kdy po určité době dochází ke změně jeho struktury, která je založena na intermolekulární asociaci mezi řetězci amylosy. Tento děj probíhá většinou u škrobových gelů, past a disperzí. Z původní struktury se uvolňuje voda a vazebná místa, kde byla voda původně navázána, se ztrácejí. To je příčinou postupného získávání pevnosti a gumovitosti gelu. Tento proces se nazývá mazovatění (Copeland et al. 2009). Mezi nejvíce prodávané škroby patří obilné škroby, kukuřičný škrob, bramborový škrob, sladký bramborový škrob a pšeničný škrob. Jsou široce využívány v potravinářství, biomedicině, při výrobě papíru a lepidel na dřevo (Zhu 2017).

Celulosa

Celulosa je složena z velkého množství glukosových jednotek (Ngo 2019). Řadí se mezi delší polysacharidy se stupněm polymerizace 7 000–15 000 DP (degree of polymerization) (BeMiller 2018). Tvoří asi třetinu celkové rostlinné hmoty a je tedy nejrozšířenějším polymerem na Zemi. Byla objevena v roce 1838 francouzským Anselmem Payenem, který ji izoloval z rostlinné hmoty a určil její chemický vzorec (Li et al. 2013). Tento polysacharid figuruje jako hlavní stavební jednotka rostlinného těla, která se nachází ve stoncích, větvích a listech a díky které jsou tyto rostlinné orgány pevné. Řadí se mezi nejhojnější organické sloučeniny na Zemi. Dříve byla celulosa využívána na výrobu papíru a dnes se používá v textilním průmyslu, ve zdravotnictví atd. (Ngo 2019).

3.1.2 Trávení sacharidů

Všechny složitější sacharidy musí být rozloženy na monosacharidy, aby se mohly vstřebávat do těla (obr. 9) (Patel 2019).



Obrázek č. 9 Trávení sacharidů
upraveno dle (Ferrier 2017)

Trávení sacharidů v ústní dutině

První rozklad sacharidů probíhá již v dutině ústní za pomoci slin, ve kterých se nachází nejrozšířenější enzym lidských slin, α -amylasa (tab. 3), známá též pod názvem ptyalin (Sanders 2016). Enzym α -amylasa štěpí molekuly škrobu na menší sacharidové jednotky, které se nazývají dextriny (Jacobsen et al. 1972; Scannapieco et al. 1993).

Trávení sacharidů v žaludku

Štěpení slinnou α -amylázou netrvá dlouho, protože jakmile se dostane do žaludku, je okamžitě inaktivována kyselinou chlorovodíkovou, která se nachází v žaludeční šťávě. Trávení sacharidů v žaludku tedy neprobíhá a menší (výše uvedené sacharidy) se dále rozkládají až v tenkém střevě (Sanders 2016).

Trávení sacharidů v tenkém střevě

Hlavními producenty amylázy jsou již zmíněné lidské sliny a dále pankreas (Hall et al. 1970). Pankreatická α -amylasa (tab. 3) se uvolňuje do duodenální části tenkého střeva (Mandel et al. 2010), kde pomáhá rozštěpit dextriny na jednodušší sacharidy: maltooligosacharidy (obsahují α -D-(1,4) vazby), izomaltooligosacharidy (obsahující α -D-(1,6) vazby), trisacharidy maltotriózy a disacharidy maltosy (Jacobsen et al. 1972).

Tabulka č. 3 Primární enzymy zapojené do trávení sacharidů (Sanders 2016)

Enzymy/enzymové komplexy	Enzymatické působení	Umístění	Substráty	Konečná produkce
Slinná α -amylasa	Hydrolyzuje vnitřní α -(1-4) glykosidické vazby v lineárních polymerech glukosy	Ústní dutina	Škrob (amylosa, amylopektin) Glykogen	Oligosacharidy Maltosa Maltotrióza α -Limitní dextriny
Pankreatická α -amylasa	Hydrolyzuje vnitřní α -(1-4) glykosidické vazby v lineárních polymerech glukosy	Tenké střevo Sekrece z pankreatu do duodena	Škrob (amylosa, amylopektin) Glykogen	Oligosacharidy Maltosa Maltotrióza α -Limitní dextriny
Glukoamylasa	Hydrolyzuje α -(1-4) glykosidické vazby na redukující konec lineárních glukosových polymerů	Tenké střevo Činnost rozšiřuje celé tenké střevo s největší aktivitou v ileu	Oligosacharidy Maltosa Maltotrióza α -Limitní dextriny	Glukosa Izomaltosa
Sacharosa-izomaltosa	Sacharoso-maltosová podjednotka hydrolyzuje (α -1) $\rightarrow$ (β -2) glykosidickou vazbu v sacharose a α -(1-4) glykosidickou vazbu v maltose Izomaltoso-maltasová podjednotka hydrolyzuje α -(1,6) glykosidickou vazbu v izomaltose a α -(1-4) glykosidickou vazbu v maltose	Tenké střevo Největší aktivita v jejunu	Sacharosa Maltosa Izomaltosa	Glukosa Fruktosa
β -glykosidasa	Laktasová podjednotka hydrolyzuje β -(1,4) vazbu laktosy Phlorizin hydrolázová podjednotka hydrolyzuje vazbu mezi monosacharidy a ceramidy	Tenké střevo Největší aktivita v jejunu	Laktosa Glykolipidy	Glukosa Galaktosa Ceramid

Enzymatické štěpení škrobu, které bylo přerušeno žaludečními šťávami, je potřeba obnovit. To provedou hydrogenuhličitany, uvolňované při přechodu potravy ze žaludku do tenkého střeva, které neutralizují žaludeční šťávy a umožňují pankreatické α -amyláze opět působit na sacharidy. Např. na maltosu poté působí enzym s názvem maltasa (na ostatní disacharidy působí jiné disacharidasy (Sanders 2016)), díky kterému se tento disacharid rozštěpí na monosacharidy, a to na dvě glukosy (Hall et al. 1970). Maltasa je společně s ostatními disacharidázami přítomna v kartáčovém lemu enterocytů (Drozdowski & Thomson 2006), tedy v mikroklicích tenkého střeva, které jsou označovány také jako kartáčový lem. Sacharidy mohou být vstřebány přes sliznici tenkého střeva jen v případě,

že jsou hydrolyzovány na konečné produkty sacharidů, právě na monosacharidy (např. glukosa, galaktosa ...) (Sanders 2016).

Vstřebávání sacharidů z tenkého střeva

Vzniklé monosacharidy jsou vstřebávány přes stěnu tenkého střeva, konkrétně přes kartáčový lem enterocytů (Sanders 2016). Vstřebávání probíhá pomocí sodno-draselných transportů (tab. 4) (Röder et al. 2014). Ty jsou zapotřebí, protože monosacharidy jsou nepolární látky (Sanders 2016). Existují dva typy takovýchto transportů: SGLT1 (Sodium/glucose cotransporter 1), který se nachází převážně v tenkém střevě a v ledvinách a SGLT2 (Sodium/glucose cotransporter 2), který je umístěn nejvíce v ledvinách (Gorboulev et al. 2012).

Tabulka č. 4 Glukosové transportéry v lidském těle (Harada & Inagaki 2012)

SGLT	Funkce	Umístění ve tkáních
SGLT1	Glukosový/galaktosový transportér	Střeva, průdušnice, ledviny, srdce, mozek, varlata, prostata
SGLT2	Glukosový transportér	Ledviny, játra, štítná žláza, svaly, srdce
SGLT3	Glukosový senzor?	Střeva, varlata, děloha, plíce, mozek, štítná žláza
SGLT4	?	Střeva, ledviny, játra, mozek, průdušnice, plíce, děloha, pankreas
SGLT5	?	Ledviny, kortex
SGLT6	?	Mícha, ledviny, mozek

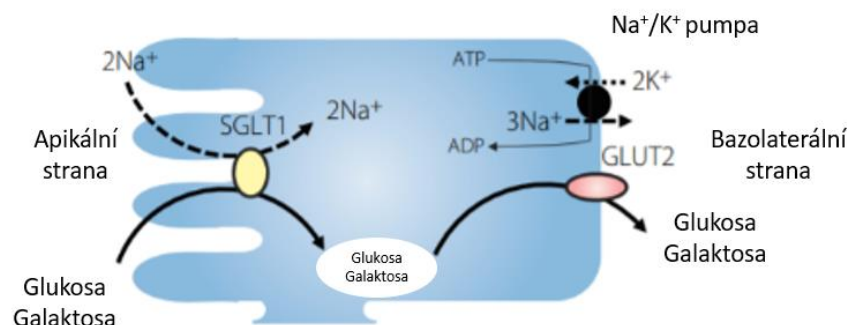
Dále se také transporty rozlišují podle toho, jaké monosacharidy jsou schopné transportovat. Glukosa a galaktosa je vstřebávána pomocí transportu SGLT1 (Sanders 2016).

Sodíko-draselný transport SGLT1 je membránový protein, díky kterému se spojí dvě molekuly Na^+ s jednou molekulou glukosy (galaktosy) (Röder et al. 2014). Na^+ slouží jako zdroj energie pro tento děj (Dyer et al. 1997). Tato energie je zde velmi důležitá, jelikož průchod monosacharidů přes kartáčový lem tenkého střeva (z lumen střeva do enterocytů) probíhá proti koncentračnímu spádu. Oproti tomu transport sodíku probíhá po koncentračním spádu. Aby se udržel koncentrační gradient mezi lumen střeva a střevem, sodík musí být odčerpán z enterocytů ven pomocí sodíkodraselné pumpy v bazolaterální membráně.

Fruktosa je vstřebávána jiným transportérem. Tento transportér se nazývá GLUT5 a ten na rozdíl od SGLT1 není závislý na sodíku.

Monosacharidy jsou poté vstřebány přes enterocyty pomocí transportu GLUT2, který se nachází na bazolaterální straně těchto buněk (Sanders 2016).

Tímto způsobem je glukosa (stejně tak jako ostatní monosacharidy) transportována přes střevní stěnu (obr. 10) do jaterní vrátnicové žíly a potom do jaterních buněk. Tam je konvertována na mastné kyseliny, aminokyseliny nebo glykogen (Szablewski 2011).



Obrázek č. 10 Prostup sacharidů přes střevní stěnu, upraveno dle (Harada & Inagaki 2012)

Sacharidy v tlustém střevě

Přítomnost polysacharidů (jako například vláknina), je pro tlusté střevo přínosná. Zatímco přítomnost jednodušších sacharidů (oligosacharidů, disacharidů a monosacharidů) může v tlustém střevě způsobovat střevní potíže jako je nadýmání nebo průjem. Je to způsobeno tím, že monosacharidy jsou vysoce osmotické a přinášejí do střeva velké množství vody, což způsobuje právě střevní potíže průjemového typu. Plynatost je způsobena tím, že sacharidy menších velikostí jsou v tlustém střevě fermentovány mikroby (Sanders 2016).

Transport sacharidů z tenkého střeva do tkání

Prakticky každá buňka v těle obsahuje jeden nebo více přenašečů GLUT. To znamená, že glukosa je pro tělo velmi důležitý zdroj paliva. Tkáně a buňky, které jsou velmi závislé na glukose jako na zdroji paliva (erytrocyty a endotel mozku), obsahují větší množství transportérů GLUT1. Tento typ transportérů má větší afinitu pro glukosu a tím je zajištěno, že buňky závislé na glukose tento monosacharid obdrží i při jeho nízké koncentraci v krvi.

Na vstřebání a regulaci glukosy v krvi se podílí játra, ledviny, slinivka břišní a střevo a tyto orgány obsahují více transportérů GLUT2. Játra pomocí transportéru GLUT2 odstraňují glukosu z krevního řečiště, a tak pomáhají regulovat hladinu glukosy v krvi. Vychytanou glukosu ukládají proto, aby se mohla uvolňovat později (Sanders 2016).

3.1.3 Metabolismus sacharidů

Metabolismus sacharidů je soubor biochemických reakcí, které zahrnují tvorbu, proměnu a rozklad sacharidů. Ty jsou v těle potřeba jako zdroje energie, kterou živočichové (včetně lidí) získají tak, že zkonzumují rostliny a za pomoci různých biochemických reakcí sacharidy z rostlinné potravy rozkládají (Nelson et al. 2013). Vytvořená energie je poté na určitou dobu uložena do ATP a později je využita v různých buněčných procesech. Energetická hodnota sacharidů se odhaduje na 4 kcal na 1 g (Sanders 2016).

K nejvýznamnějším biochemickým reakcím, náležících do metabolismu sacharidů patří glykolýza a glukoneogeneze.

3.1.3.1 Glykolýza

Glykolýza je katabolický proces, při kterém se rozpadá molekula glukosy na dvě molekuly pyruvátu, a přitom se uvolňuje energie do ATP (Nelson et al. 2013). Záleží na tom, jestli je glykolýza aerobní nebo anaerobní. Jestliže probíhá glykolýza aerobně, konečný pyruvát je přenesen do mitochondriální matrix, kde vstupuje do Krebsova (citrátového) cyklu. V během sledu biochemických reakcí citrátového cyklu získá energii potřebnou pro další reakce. Celkově při těchto reakcích vznikne 38 molekul ATP. Jestliže ale probíhá anaerobně, vznikají jen 2 molekuly ATP (Blanco & Blanco 2017) a navíc se ještě pyruvát mění na laktát, který pomáhá tvořit NAD⁺ pro pokračování glykolýzy (Kumari 2018).

Glykolýza probíhá v cytosolu všech buněk lidského těla (Kim & Gadd 2019). Je zahájena vstupem glukosy právě do buňky. Poté je pomocí hexokinázy fosforilována na glukosu-6-fosfát. Tak se glukosa udrží v buňce a zachová koncentrační gradient pro další vstup glukosy do buňky. Dále se glukosa-6-fosfát izomerizuje na fruktosu-6-fosfát za působení enzymu glukosafosfát izomerasy. Ta je poté fosforylována na fruktosu-1,6-bis-fosfát za působení enzymu fosfofruktokinázy-1. Dále je fruktosa-1,6-bis-fosfát štěpena aldásou za vzniku glyceraldehyd-3-fosfátu a dihydroxyacetonfosfátu. Dihydroxyacetonfosfát je izomerizován na glyceraldehyd-3-fosfát a společně s již vzniklým glyceraldehyd-3-fosfátem se hydroxiduje na 1,3-bis-fosfoglycerát za působení dehydrogenázy. V dalších krocích se postupně tyto jednotky přemění na dvě molekuly pyruvátu (Sanders 2016).

Glykolýza je nevratná reakce (Kumari 2018).

3.1.3.2 Glukoneogeneze

Dalo by se říci, že tento sled biochemických reakcí je v podstatě opak glykolýzy, protože do reakcí vstupují necukerné složky, tedy pyruvát, laktát, glycerol a aminokyseliny (Sanders 2016) a syntetizuje se glukosa (Nelson et al. 2013). Hlavním významem glukoneogeneze pro organismus je udržení hladiny glykémie a zamezení hypoglykémie. Probíhá v matrix mitochondrií a cytosolu převážně jaterních buněk, v tubulárních buňkách ledvin a v enterocytech (Rui 2014). Nastává při hladovění a díky ní je organismus schopen přežít i delší dobu bez jídla (Kasper 2015). Při průběhu glukoneogeneze je za potřeby dodat energii prostřednictvím ATP (Sanders 2016) a celkem je během těchto reakcí spotřebováno 6 ATP (Rodwell et al. 2018). Enzymy v glykolýze a v glukoneogenezi podléhají hormonální regulaci. Během stavu nasycení se uvolňuje insulin, který inhibuje produkci enzymů glukoneogeneze, jako je např. fosfoenolpyruvátcarboxykinasa. Během hladovění, stoupá hladina glukagonu, který naopak glukoneogenní enzymy indukuje (Sanders 2016).

3.2 Cukr

Pojmem cukr nazýváme zástupce ze skupiny monosacharidů a disacharidů. Mezi cukry ze skupiny monosacharidů patří glukosa, fruktosa a galaktosa. Jak již bylo dříve řečeno, tyto monosacharidy jsou stavební jednotky pro ostatní disacharidy, oligosacharidy a polysacharidy. Z uvedených tří monosacharidů je nejsladší fruktosa a společně s glukosou se nachází v ovoci nebo v medu, kde hrají roli jako hlavní energetický zdroj. Z disacharidů se mezi cukry řadí maltosa, laktosa a sacharosa (Sripathi 2020).

Z fyziologického hlediska je cukr prázdný nositel energie bez minerálů, vitamínů nebo vlákniny (100 g sacharosy získané z cukrové řepy má 400 kalorií). Lidské tělo potřebuje sacharidy, protože využívá glukosu jako zdroj energie např. pro svaly nebo pro mozek. Nadbytek sacharosy ale není pro tělo zdravý. Přebytková glukosa, získaná rozkladem sacharosy se ukládá v játrech a z nich vstupuje do krve, kde zvyšuje hladinu glykémie nebo se mění na shluky tukových buněk. Ty se poté ukládají do tukové tkáně (Simonsohnová 2013).

Volné cukry

Volné cukry jsou všechny cukry v potravinách, které nejsou vázané nebo jsou hydrolyzované (Sripathi 2020). Přesná definice zní: „Monosacharidy a disacharidy přidávané do pokrmů výrobcem, vařením nebo zákazníkem a cukry, které se přirozeně nachází v medu, sirupech a ovocných džusech“ (WHO 2002).

Přidané cukry

Tento termín se používá pro cukry a sirupy, které jsou přidávané do potravin během jejich zpracování nebo domácí přípravy. Je to například melasa, med, hnědý cukr, ovocný koncentrát, kukuřičné sladidlo, glukosa, sacharosa, laktosa, kukuřičný sirup s vysokým obsahem fruktosy a sladový cukr (Sripathi 2020).

3.2.1 Historie cukru

V roce 1747 byl objeven řepný cukr Andreasem Sigismundem Marggrafem. Dokázal izolovat čistý cukr z kořenů řepy cvikly (*Beta vulgaris* var. *cicla*), z cukrového kořene (*Sisyrinchium officinale*) a z řepy krmné (*Beta vulgaris*). V jeho výzkumu pokračoval jeho žák Franz Carl Achard, který šlechtil cukrovou řepu, pro větší obsah sacharosy. Podařilo se mu vyšlechtit řepu s obsahem sacharosy 6 %.

Dnešní řepa obsahuje kolem 20 % sacharosy. Ta se sklídí a zbaví se vnějších nečistot z pole praním. Nařeže se na řízky a uloží do difuzérů naplněných vodou, kde se z ní louhuje cukr za použití různých teplot. Vylouhované řízky s nízkým obsahem cukru se využijí pro krmení dobytka a cukerná šťáva se čistí, filtruje a cedí. Dále se za sníženého tlaku vaří a odpařuje. Nakonec ve vakuovém stroji krystalizuje. Tak vzniká vlhká cukrovina, která se buď plní do nádob na výrobu kostového cukru nebo suší na surový hnědý cukr. Tento hnědý cukr se může v rafinerii znovu rozpustit, vybělit použitím kyseliny sírové. Odpadem tohoto procesu je melasa (zadní cukr) (Jonáš & Kuchař 2013).

Česká republika má na svém seznamu vynálezů mimo jiné objev kostkového cukru. Jeho vynálezcem byl ředitel moravského cukrovaru v Dačicích Jakub Kryštof Rad, který si svůj objev nechal v roce 1843 patentovat. Na vynález „kostka cukru“ přišel náhodou. Tehdy se totiž cukr skladoval v cukrových homolích, ze kterých se pokaždé potřebný kousek odkrojil. Jednou se však žena J. K. Rady řízla při krájení homole do prstu a řekla svému muži, ať vymyslí něco menšího. Tak se začal vyrábět kostkový cukr dle J. K. Rady ve dvou velikostech. Jeden větší o hraně 1,5 cm a druhý menší o hraně 1,2 cm (Lustigová 2006).

3.2.2 Vliv cukru na lidské zdraví

V průběhu času přibývají studie, které se zaměřují na působení cukru na lidské zdraví. Je to z toho důvodu, že v poslední době lidé cukr přijímají v nadměrném množství (Popkin & Nielsen 2003). Většina sladkých pochutin obsahuje velké množství sacharosy, která v mnoha případech vede k nadváze a obezitě (Oleson & Murphy 2017). De Ruyter et al. (2012) provedla test na dětech od 18 měsíců do 11 let, které rozdělila do dvou skupin. Jedné skupině byly podávány nápoje slazené cukrem a druhá skupina dostala nápoje slazené náhradními sladidly. V případě nápojů oslazených cukrem se zjistilo, že dětská tělesná hmotnost se průměrně zvýšila o 7,37 kg. Nadváhu a obezitu u dětí analyzoval i Malik et al. (2009), který uvádí, že častá a dlouhodobá konzumace cukru může být příčinou tohoto celosvětového problému. Stejně tak jako u dětí, mohou být cukry příčinou nadváhy a obezity i u dospělých (Qin et al. 2020). Nápoje slazené cukrem a cukr obecně jsou označovány jako hlavní příčina stávající obezity (Nissensohn et al. 2018; Mooradian 2019; te Morenga et al. 2012; Ebbeling et al. 2012; Grummon et al. 2019). Její příčinou je velmi často vysoký denní příjem cukru a sedavý způsob života. Pro předcházení tomuto problému by se měl příjem cukru omezit (Siervo et al. 2014). Nadváha a obezita je navíc důležitým rizikovým faktorem pro vznik diabetes mellitus 2. typu (Hu & Malik 2010), kardiovaskulárního onemocnění (Hu & Malik 2010), nádorového onemocnění (Lee et al. 2015) a předčasného úmrtí (Bourn 2001; Haslam & James 2005).

Nápoje slazené cukrem mohou vyvolat diabetes mellitus 2. typu (de Koning et al. 2011; Sonestedt et al. 2012; Imamura et al. 2015; Wang et al. 2015; Mooradian, 2019), což je „chronické heterogenní onemocnění provázené hyperglykemií v důsledku absolutního nebo relativního nedostatku insulinu“ (Karen & Svačina 2020). De Koning et al. (2011) hovoří o rafinovaném cukru jako takovém a jeho souvislosti s rizikem výskytu diabetes mellitus 2. typu. Normální glykémie je nalačno v rozmezí 3,9-5,5 mmol/l (Karen & Svačina 2020). Diabetes mellitus 2. typu je metabolická porucha, která je charakterizována právě zvýšenou hladinou glukosy v krvi, rezistencí na insulin a jeho současným nedostatkem (Kumar et al. 2005). Podle Adamíkové (2017) diabetes mellitus 2. typu vzniká v dospělosti a více než 90 % lidí s tímto onemocněním má nadváhu nebo obezitu. Příjem nápojů slazených cukrem by měl být omezen, aby se snížilo riziko vzniku diabetes mellitus 2. typu, které může souviset s obezitou (Malik et al. 2010). Podle studie DECODE (1999) je porucha glukosové tolerance příčinou zvýšené úmrtnosti zejména na kardiovaskulární onemocnění, a to hlavně u lidí s diabetes mellitus 1. a 2. typu.

Yin et al. (2021) uvádí, že konzumace nápojů slazených cukrem byla spojena s vyšším výskytem kardiovaskulárního onemocnění. Tento fakt je potvrzen studiemi, které navíc tvrdí, že se riziko vzniku kardiovaskulárního onemocnění stupňuje se zvyšováním přijímané dávky cukru a nápojů slazených cukrem (Malik et al. 2019; Yang et al. 2014). Huang et al. (2014) uvádí, že konzumace nápojů slazených cukrem může zvýšit riziko ischemické srdeční choroby, a to zejména u mužů. Cheungpasitporn et al. (2015) ukázal významnou souvislost mezi spotřebou cukru a hypertenzí. Existují důkazy z epidemiologických pokusů a pokusů na zvířatech a lidech o tom, že vysoká konzumace cukru (hlavně glukosy) může mít za následek hypertenzi a zvýšenou variabilitu krevního tlaku.

Cukr patří mezi sladidla, která jsou konzumována ve velkém množství. Málokdy se ale hovoří o tom, jestli cukr nějakým způsobem ovlivňuje chování člověka. Dle Zoellner et al. (2016) by cukr neměl vliv na pozorované jedince v ohledu na míru udržení pozornosti, zapojení se do určité činnosti nebo na jejich výsledky v dané činnosti. Na druhou stranu Farsad-Naeimi et al. (2020) ale prokázali, že konzumace cukru a nápojů slazených cukrem může vyvolat poruchu pozornosti u dětí a dospívajících a může také vyvolat vznik ADHD (attention deficit hyperactivity disorder).

Dle studie Burleson et al. (2016) je konzumace cukrem slazených nápojů spojena se zvýšenou pravděpodobností deprese, která se vyskytovala s větší pravděpodobností u žen než u mužů. Tento fakt potvrzuje studie Sanchez-Villegas et al. (2018), do které byly zahrnuty cukrem slazené nealkoholické nápoje, sladkosti, průmyslové ovocné šťávy a dezerty. Tyto sladké potraviny a nápoje nebyly v analýze spojovány jen s depresí, ale celkově i s běžnými duševními poruchami. Toto se ovšem prokázalo pouze u mužů. Hu et al. (2019) prokázali projevy deprese po nadměrné a dlouhodobé konzumaci cukru. Tato metaanalýza srovnala jedince, kteří nepijí nápoje slazené cukrem s jedinci, kteří vypili 2 šálky coly denně. U případů, kteří denně konzumovali colu se riziko deprese zvýšilo o 5 %. U lidí, kteří za den vypili 3 plechovky coly se riziko deprese může zvýšit až o 25 %.

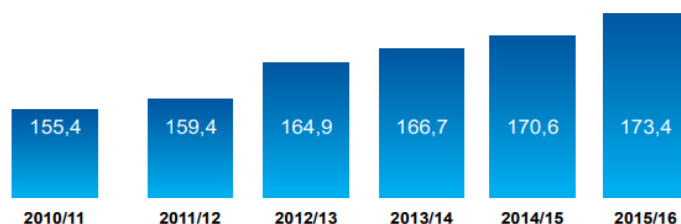
Čím dál tím více se hovoří o tom, že cukr může působit na lidský organismus jako návyková látka. Vyvolává neurobiologické změny podobně jako tomu je u drogové závislosti. Vysoký příjem cukru může u člověka vyvolat závislost (Nantha 2014). Studie Marcus et al. (2017) prokázala výskyt závislosti u jedinců, kteří konzumovali potraviny obsahující převážně cukr (25 %). U těchto lidí byla také zaznamenána nadváha. Obecně se cukru přezdívá „bílý jed“. Dr. Max Otto Bruker tvrdí, že cukr lze přiřadit k ostatním pochutinám jako je alkohol, káva a tabák, protože může snadno vyvolat závislost (Bruker 1986).

Cukr způsobuje onemocnění tvrdých tkání zubů neboli zubní kaz (karies) (Valenzuela et al. 2021). Konkrétně v průběhu času dochází k nerovnováze v interakcích mezi kariogenními bakteriemi v zubním plaku a fermentovanými sacharidy (hlavně cukry). Vznik zubního kazu by měly snížit fluoridové zubní pasty (Walsh et al. 2019).

Konzumace cukrem slazených nápojů může zvýšit riziko vzniku nádorového onemocnění a úmrtnosti na něj (Li et al. 2021) a to především u lidí s nadváhou a obezitou (Makarem et al. 2018). Romanos-Nanclares (2019) sledovala vznik nádorového onemocnění prsu u 106 189 žen, z nichž se potvrdilo 100 případů. Tato studie ale tvrdí, že i když byl počet potvrzení tohoto onemocnění nízký, existuje souvislost mezi konzumací cukrem slazených nápojů a vznikem nádorového onemocnění, zejména prsu. Výsledky výzkumů jsou ale sporné.

Už v 80. letech 20. století se tvrdilo, že cukr, zejména jeho vysoká konzumace, není pro lidské zdraví prospěšná. William Dufty radí ve své knize Cukrové blues: „Škrtněte rafinovaný cukr z nákupního seznamu, pak se vás nebudou týkat poplatky za lékaře a pobyt v nemocnici“ (Dufty 1996). S Williamem Duftym souhlasí i Dr. Max Otto Bruker. Výše zmiňovaným onemocněním lze předejít, a to vyloučením cukru z každodenní stravy (Bruker 1986).

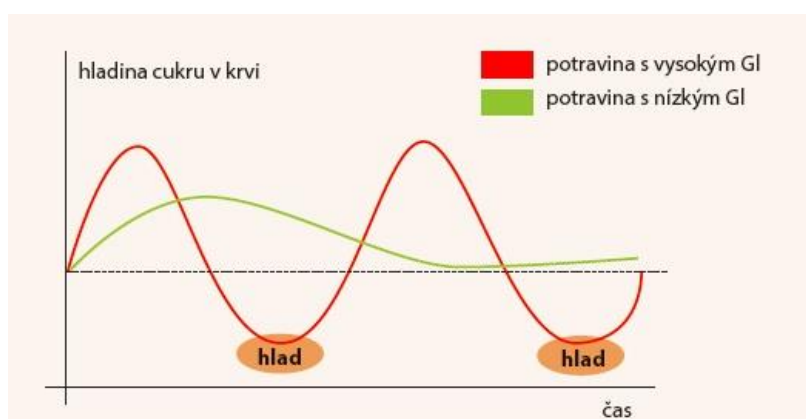
I přes výše popsaná rizika různých druhů onemocnění se spotřeba cukru v ČR i ve světě rod od roku zvyšuje (obr. 11) (Gabrovská & Chýlková 2017).



Obrázek č. 11 Světová spotřeba cukru v milionech tun (Gabrovská & Chýlková 2017) dle (USDA 2015)

3.2.2.1 Glykemický index

Glykemický index (GI) je veličina, která udává dobu, za kterou je tělo schopno využít glukosu z určité potraviny. Je to tedy přírůstek plochy pod křivkou glykémie za určitý čas (většinou za 2 hodiny) po konzumaci dané potraviny (Wolever 2006). GI je vlastnost sacharidů v potravinách a je to také hodnota, která je závislá na velikosti porce nebo na množství zkonsumovaných sacharidů (Monro 2002). Jestliže člověk konzumuje potraviny s vysokým GI, jeho glykémie rychle vzroste a rychle klesne (obr. 12) (Málková et al. 2017). Neřídí postprandiální glykémii (Monro 2003). Vychází se z faktu, že glukosa má GI = 100 (WaybackMachine 2020).



Obrázek č. 12 Graf kolísání hladiny cukru v krvi v závislosti na hodnotě GI (Málková et al. 2017)

Při redukčních dietách je doporučeno konzumovat potraviny s nízkým a středním GI (tab. 5) (Juanola-Falgarona et al. 2014; Philippou et al. 2008; Abete et al., 2008).

Tabulka č. 5 Potraviny s nízkým, středním a vysokým GI (Caha 2016)

Potraviny s nízkým GI<55	Potraviny se středním GI 56-69	Potraviny s vysokým GI>70
většina ovoce a zeleniny	sladké tyčinky typu Mars	Cornflakes
orechy	sladké sušenky	brambory vařené
tmavá rýže	sacharóza	med
fruktóza	velmi sladké ovoce	burizony
černý chléb	celozrnný chléb	chipsy
	rohlík	glukóza
	zmrzlina	pivo

Tyto potraviny obsahují vyšší podíl vlákniny, která udrží potravinu déle v trávicím traktu a tím navozuje pocit sytosti (Jenkins et al. 2012). Konzumace potravin s nízkým GI (tab. 5) může také přispět ke snížení rizika vzniku kardiovaskulárního onemocnění (Philippou et al. 2008; Nagata et al. 2014). Naopak při dlouhodobé konzumaci potravin s vysokým GI (tab. 5) (tedy stravy s vysokým obsahem rychle vstřebatelných sacharidů a s nízkým obsahem vlákniny) může hrozit riziko vzniku diabetes mellitus 2. typu (Sakurai et al. 2012; Schulze et al., 2004).

3.3 Náhradní sladidla

Úkolem alternativních sladidel je nahrazení cukru, který může být původce nadváhy, obezity a různých druhů onemocnění. Měly by pomoci při snižování obsahu kalorií u výrobků a dané potraviny by měly být vhodné pro diabetiky. Náhradní sladidla jsou zkoumána již více než 100 let a počet schválených látek se stále zvyšuje (Nabors 2012).

Náhradní sladidla mohou být jak přírodní, tak syntetická. Syntetická náhradní sladidla se ještě dají rozdělit na syntetická náhradní sladidla podobná přírodním a ostatní syntetická sladidla.

3.3.1 Přírodní náhradní sladidla

Přírodními náhradními sladidly se rozumí za studena lisované šťávy z ovoce, zeleniny nebo částí rostlin a považují se za zdravou alternativu průmyslového cukru. V obchodech se zdravou výživou se v dnešní době tato sladidla rádooby přírodního původu dají snadno sehnat. Přímě v přírodě se ale nevyskytují. Jedná se totiž o cukerné koncentráty (Simonsohnová 2013).

3.3.1.1 Zdroje přírodních náhradních sladidel

Javor

Javorový sirup patří mezi přírodní sladidla. Získává se z mízy převážně javoru klenu (*Acer pseudoplatanus*) a javoru cukrového (*Acer saccharum*) (Mellado-Mojica et al. 2016), ze které se zahřátím na 103, 5 °C odpaří voda a tím se zkoncentruje v sirup. Např. ze 40 l javorové šťávy se získá pouze 1 l javorového sirupu (Simonsohnová 2013). Z potravinářského hlediska je velice kvalitní díky své chuťové složce, vysokému obsahu minerálních látek (např. K a Mg), vysokému obsahu antioxidantů, vitamínům (riboflavin) atd. Konkrétně javorový sirup obsahuje více než 80 % sacharosy, stopové množství glukosy a fruktosy a dále organické kyseliny (fumarová a jablečná) (Mellado-Mojica et al. 2016).

Palma

Kokosový cukr se vyrábí ze šťávy z květů kokosových ořechů. Nasbíraná míza z květů se zahřívá na otevřeném ohni, dokud nezhoustne. Tato tekutina se poté nechá zkrystalizovat, a tak vzniká cukr s hnědým odstínem. Palmy, ze kterých se cukr vyrábí, jsou většinou pěstovány na malých farmách a majitelé těchto farem tvrdí, že jsou pěstované ekologicky, takže připravovaný cukr obsahuje malé množství fruktosy a má nižší GI, než běžný rafinovaný třtinový nebo řepný cukr (Wrage et al. 2019) v rozmezí 35-54 na porci (Trinidad et al. 2010). I přesto je ale sladivost kokosového cukru stejná jako sladivost běžné sacharosy (Okoma et al. 2020).

Kukuřice

Kukuřičný sirup je znám tím, že obsahuje velké množství fruktosy. Proto se také nazývá vysokofruktosový (High-fructose corn syrup – HFCS). Vzniká přeměnou glukosy v kukuřičném škrobu na fruktosu (Ferder et al. 2010). Je velmi sladký a levný proto se hojně využívá do slazených potravin a nápojů (Duffey & Popkin 2008). V dnešní době je v potravinářství využíván ze 40 % (Ferder et al. 2010).

Datlovník

Datle jsou velmi bohaté na sacharidy, především na glukosu. Obsahují až 70 % glukosy. Proto jsou vhodnou surovinou pro výrobu datlového cukru (Gupta & Kushwaha 2011). To potvrzuje studie Siddeeg et al. (2019), která tvrdí, že dužnina datlí Sukkari, která byla zkoumána, měla vysoký obsah cukru (glukosy a fruktosy), minerálních látek (K, Ca a Mg) a těkavých látek. Odrůda datle Sukkari má dále vysokou hladinu celkového obsahu fenolů a flavonoidů. Díky těmto látkám má potenciální ochranné schopnosti proti působení oxidace, což bylo potvrzeno snížením výkonu a aktivitou vychytávání radikálů DPPH (2,2-difenyl-1-pikryl-hydrazyl) a ABTS (2,2-azinobis(3-ethyl-2,3-dihydrobenzothiazol-6-sulfonát)) (Siddeeg et al. 2019). Dle studie Farahnaky et al. (2016) u tekutých tmavých výrobků (datlový sirup má tmavou barvu) neovlivňuje přijetí konečných výrobků spotřebitelem. Ve světlejších výrobcích ale zhoršuje senzorické vlastnosti.

Agáve

Agávový sirup je získáván nejčastěji z rostlin *Agave tequilana* a z *Agave salmiana* (Mellado-Mojiza & López 2015). Agávová šťáva se získává z rostliny agáve zahřátím nebo enzymatickou úpravou. Složité sacharidy se hydrolyzují na cukry a cukry se zahušťují na sirup (Figlewicz et al. 2009). Tato šťáva ale obsahuje prakticky pouze fruktosu, proto před ní lékaři naléhavě varují (Strunecká & Patočka 2012).

Různé druhy květů

Do této kategorie sladidel patří med. Směrnice rady 2001/110/ES ze dne 20. prosince 2001 o medu definuje med takto: „Med je přírodní sladká látka produkovaná včelami medonosnými (*Apis mellifera*) z nektaru rostlin nebo výměšků živých částí rostlin nebo z výměšků hmyzu sajícího na rostlinách. Včely med sbírají, přetvářejí mísením se svými vlastními specifickými látkami a ukládají, nechávají dehydratovat, uskladňují a nechávají uležet a zrát v medových plástech.“ (Úřad pro publikace Evropské unie 2001).

Med obsahuje glukosu, fruktosu organické kyseliny, enzymy atd. Různé druhy medu jsou zbarveny v rozpětí odstínů od téměř bezbarvého až po tmavě hnědý a jejich konzistence může být od tekuté, přes viskózní až po krystalickou. Chuť a vůně je odvozena od rostlin, ze kterých byl med vyroben. Podle Směrnice rady 2001/110/ES ze dne 20. prosince 2001 o medu se při uvádění na trh nesmějí do medu přidávat žádné potravinové složky nebo přídatné látky nebo látky jiné než med. Med uvedený na trh tedy nesmí obsahovat žádné látky, které nepatří do jeho složení (Úřad pro publikace Evropské unie 2001).

Stévie

Mezi přírodní náhradní sladidla se také nesmí opomenout zařadit stévie, tedy konkrétně *Stevia rebaudiana* (česky se nazývá stévie cukrová nebo medové lístky). Tato rostlina je nízkokalorická a přirozená alternativa cukru. Pochází z Jižní Ameriky a v dnešní době je velmi populární v Japonsku. List stévie je 10-30 × sladší než cukr, a přitom negativně neovlivňuje hladinu cukru v krvi, proto je tedy vhodná i pro diabetiky. Rostlina je sladká díky komplexní molekule steviosid (nově steviol-glykosid) a rebaudiosid. Dále obsahuje látky jako tuky, Ca, K, Cr, Co, Fe, vlákninu a další (Simonsohnová 2013).

Inulin a oligofruktany

Inulin i oligofruktany jsou přírodní složkou dietní potravy, která se nachází v několika tisících druhů rostlin jako zásobní polysacharid (Carpita et al. 1989). V potravinářství se využívá jako náhrada tuku nebo cukru v potravinách, u kterých je účelem snížení kalorií (např. zmrzlina, mléčné výrobky, cukrovinky a pečivo) (Knudsen & Hesson 1995; Ellegård et al. 1997). Inulin se vyskytuje např. v čekance, topinamburu, hlízách jirín, chřestu, pórků, cibuli, banánu, pšenici nebo česneku (Bornet 2001).

3.3.1.2 Vliv přírodních náhradních sladidel na lidské zdraví

Javorový sirup může způsobovat onemocnění moči. Tato nemoc z javorového sirupu je dědičná porucha metabolismu aminokyselin s rozvětveným řetězcem (Muellly et al. 2013) leucin, izoleucin, valin. To vede ke kumulaci těchto aminokyselin v plazmě a jejich příslušných ketokyselin s rozvětveným řetězcem v moči. Může mít za následek fatální nevratné neurokognitivní deficity (Hassan & Gupta 2022). Studie Mazariegos et al. (2012) posuzovala klinické neurokognitivní funkce u dětí, které tuto nemoc měly a které podstoupily transplantaci jater. Studie došla k závěru, že transplantace jater je účinnou a dlouhodobou léčbou této nemoci. Simonsová (2013) ve své knize Stévie tvrdí, že zdravotní potíže, které se mohou objevit po konzumaci javorového sirupu jsou téměř totožné jako u cukru.

Studie Trinidad (2015) zkoumala cukr a sirup z kokosové šťávy z hlediska složení živin, složení vlákniny a dalších látek. Výsledky výzkumu ukázaly, že kokosový cukr neobsahuje žádnou vlákninu, ale obsahuje značné množství inulinu (4,7 g/100 g). Kokosový sirup obsahuje vlákninu i inulin. Sirup i cukr z kokosové šťávy obsahují značné množství minerálů a vitamínů. Dle Hebbar et al. (2022) kokosový cukr neškodí lidskému zdraví díky jeho nutriční hodnotě a nízkému glykemickému indexu.

Existují obavy z příjmu jednoduchých cukrů (zejména fruktosy), které se mimo jiné nacházejí v kukuřičném sirupu. Tento sirup je známý zejména svým vysokým obsahem fruktosy. Studie Chung et al. (2014) zkoumala vliv různého množství a forem fruktosy na výskyt ztučnění jater. Z 21 pozorovaných jedinců se u jednoho prokázalo nealkoholické ztučnění jater. Tato studie ale tvrdí, že existuje málo důkazů pro to, aby se daly vyvodit jednoznačné výsledky. Naopak Aldámiz-Echevarría et al. (2020) tvrdí, že u pacientů s dědičnou intolerancí glukosy je vysoká prevalence ztučnění jater.

Datlové plody a datlové produkty včetně datlového sirupu se dříve používaly jako alternativní medicína při léčbě řady onemocnění včetně žaludečních a střevních poruch, horečky, otoků a bronchitidy a při hojení ran (Tahraoui et al. 2007). V datlovém sirupu bylo identifikováno několik bioaktivních sloučenin, např. polyfenoly. To naznačuje možné zdůvodnění vnímané tradiční lékařské aplikace datlového sirupu (Dhaouadi et al. 2011). V datlovém sirupu se vyskytují polyfenoly, u kterých výzkum Taleb et al. (2016) prokázal antiangiogenní a protizánětlivé účinky. Datle palmy Sukkari a sirupy z těchto plodů mají podle Siddeeg et al. (2018) antioxidační účinky.

Pokud se med přijímá perorálně nebo místně, hrají důležitou roli antioxidanty, fotochemikálie a další bioaktivní látky, které mají příznivé účinky téměř ve všech orgánech lidského i živočišného těla. Med je apiterapeutická látka (forma medicíny pomocí včel), která je alternativní medicínou pro většinu onemocnění včetně onemocnění nádorového (Ajibola 2015). Med má také blahodárné účinky na horní cesty dýchací, pokud jsou postiženy zánětem nebo infekcí. Tedy je dobrý pro léčbu kašle nebo rýmy (Abuelgasim et al. 2021). Bohužel může med podléhat různým druhům kontaminace (mohou obsahovat rezidua pesticidů, antibiotik nebo těžkých kovů) a také bývá často falšován. Proto je velmi důležité znát zdroj, aby se jeho konzumace nestala rizikem (Al-Waili et al. 2012).

Stévie patří mezi zdravé alternativy cukru. Má antibakteriální účinky a neovlivňuje glykémii (Simonsohnová 2013). Na rozdíl do sacharosy nevede při nadměrné konzumaci k nadváze a obezitě (Becker et al. 2020), protože neobsahuje žádné kalorie

(Simonsohnová2013; Becker et al. 2020). Stévie vykazuje stejnou sytící schopnost jako např. sacharosa (Anton et al. 2010). Její příjem se doporučuje u pacientů s diagnostikovaným diabetes mellitus 2. typu. Konzumace této rostliny nemá vliv na zvýšení krevního cukru a hladiny insulinu. Zároveň nebyly zaznamenány významné změny v lipidovém profilu (Ajami et al. 2020). Podle analýzy Bhadra & Gayatri (2020) má rostlina *Stevia rebaudiana* antioxidační účinky, a to zejména v případě, kdy se z jejích listů udělá vodní extrakt.

Inulin a oligofruktany se řadí mezi nízkokalorická náhradní přírodní sladidla. Mají nižší kalorické hodnoty než sacharosa, a to díky β (2—1) vazbám, které spojují molekuly fruktosy. Tyto monosacharidy navázané na sebe takovýmto způsobem jsou pro lidské tělo nestravitelné, proto procházejí trávicím traktem, aniž by byly metabolizovány (Knudsen & Hesson 1995; Ellegård et al. 1997). Studie Hiel et al. (2019) prokázala, že vyšší konzumace zeleniny bohaté na inulin navyšuje denní podíl přijaté vlákniny v těle a to může následně zlepšit chování související s jídlem. Vede ke zlepšení složení a funkcí střevního mikrobiomu především o bakterie rodu *Bifidobacterium*. Naopak snižující se tendenci měly bakterie rodu *Clostridiales* a *Oxalobacteraceae*.

3.3.2 Syntetická náhradní sladidla

Syntetická (umělá) sladidla jsou látky uměle vytvořené, které mají sladkou chuť a dá se jimi nahradit rafinovaný cukr. Byly vytvořeny se záměrem ke slazení potravin a nápojů s nízkým obsahem kalorií. Sladká chuť těchto náhradních sladidel ale postupně otupuje chuťové receptory a člověk, který tato sladidla konzumuje má potřebu tyto náhražky přijímat stále ve větším množství (Simonsohnová, 2013).

Tato sladidla se objevila během první a druhé světové války, protože v těchto časech, v důsledku zemědělské krize, klesla produkce cukru. V dnešní době jsou prodávána jako vhodná alternativa cukru především pro diabetiky (Purohit & Mishra 2018).

3.3.2.1 Syntetická náhradní sladila podobná přírodním (cukerné alkoholy)

Cukerné alkoholy jsou průmyslově vyráběné náhradní zdroje cukru. Nejsou to ani cukry ani alkoholy, ale spíše hydrogenované sacharidy nesoucí hydroxyl místo ketonů nebo aldehydů (Payne et al. 2012). Vyznačují se nižším obsahem kalorií, než obsahuje sacharosa (FDA 2014).

Jsou to přírodní náhražky cukru, ale i potravinářské přísady. Měly by mít nižší kalorické hodnoty než cukr, nižší GI a měly by být antikariogenní. Cukrové alkoholy se často kombinují s jinými sladidly, aby se zvýšila sladkost potravinářských výrobků (Grembecka 2015).

Sorbitol (E 420)

Sorbitol je látka, která patří mezi cukerné alkoholy (Nabors 2012). Díky své sladké chuti se využívá jako náhradní sladidlo. Dále nalezne využití jako stabilizátor (mražené dezerty) nebo zahušťovadlo (ve sladkostech). Vyskytuje se jak v bílé práškovité, tak kapalné formě. Tato látka se v přírodě vyskytuje v plodech jeřábu, vína, jabloně, třešní atd. a je průmyslově vyráběna hydrogenací glukosy (odpadního produktu) při výrobě škrobů. Je o polovinu méně sladší než cukr. Je přidáván do žvýkaček, protože se o něm říká, že má antibakteriální účinky.

Dále je složkou např. bonbónů, sušenek nebo čokoládových výrobků (např. Mozartovy koule) (Pollmer et al. 2009; Skurray 2007; Winter 2009; Vrbová 2001).

Mannitol (E 421)

Stejně tak jako sorbitol je mannitol bílý krystalický cukerný alkohol, který se využívá jako náhradní sladidlo a má menší kalorickou hodnotu než cukr. Díky této vlastnosti se může použít jako sladidlo ve výrobcích, které na svém obalu tvrdí, že jsou bez cukru. Má nižší rozpustnost ve vodě než ostatní cukerné alkoholy, ale pokud se zcela rozpustí, vyvolává v ústech chladivý účinek, a tak má využití mimo jiné ve žvýkačkách. Dále nalezne uplatnění jako stabilizátor nebo zvlhčující látka. Mannitol se získává např. z celeru, mořských řas nebo oliv a je průmyslově vyráběn kvašením glukosy a maltosy za přítomnosti bakterií *Lactobacillus intermedius* (Pollmer et al. 2009; Skurray 2007; Winter 2009; Vrbová 2001).

Isomalt (E 953)

Isomalt je těž cukerný alkohol, který má rovněž mnoho dalšího využití, než jen jako náhradní sladidlo. Dá se využít jako stabilizátor, plnidlo nebo zvlhčovač. Jako sladidlo má o něco menší sladivost než cukr a také ve srovnání s cukrem má jen polovinu kalorií a velmi malý GI. Isomalt je známý svou vysokou sladivostí, proto stačí vždy použít jen malé množství. Jeho zdrojem je cukrová řepa, ze které se vyrábí. Isomalt se přidává jako náhradní sladidlo do nejrůznějších sladkostí jako jsou bonbóny, žvýkačky nebo sušenky. V těle člověka se rozkládá z 50 % na glukosu, z 25 % na sorbitol a z 25 % na mannitol (Pollmer et al. 2009; Winter 2009; Vrbová 2001).

Maltitol (E 965)

Maltitol se využívá jako náhrada sacharosy, protože dosahuje 70-90 % její sladivosti. Na rozdíl od ní toto náhradní sladidlo ale obsahuje poloviční energii. Je vyráběno průmyslově, a to hydrogenací maltosy. Maltitol obsahují např. různé druhy žvýkaček nebo mentosek. Dále se používá v čokoládách a čokoládových a jiných sladkých pomazánkách (Skurray 2007; Winter 2009; Vrbová 2001).

Laktitol (E 966)

Syntetické sladidlo laktitol, stejně tak jako náhradní sladidla popisovaná výše, obsahuje přibližně polovinu kalorií ve srovnání s cukrem, ale na rozdíl od nich má velmi malou sladivost. Další jeho využití může být jako zvlhčovač nebo jako plnidlo. Je získáváno z mléčného cukru laktosy (Skurray 2007; Winter 2009; Vrbová 2001).

Xylitol (E 967)

Xylitol je derivát cukru (Strunecká & Patočka 2012) a má podobnou sladivost jako sacharosa, na rozdíl od ní má asi dvě třetiny kalorií. Využívá se jako sladidlo, stabilizátor nebo zvlhčovač (Skurray 2007; Winter 2009; Vrbová 2001). V přírodě se tato látka vyskytuje v ovoci (maliny, švestky) a zelenině, kukuřici, ovsu, houbách atd. (Strunecká & Patočka 2012)

a získává se z rostlinné hemicelulosity těchto rostlin. Výrobci toto sladidlo velmi rádi používají, protože se dá velice snadno vyměnit za sacharosu. Xylitol vytváří v ústní dutině chladivý pocit, a proto se přidává do žvýkaček (Skurray 2007; Winter 2009; Vrbová 2001).

Erytriol (E960)

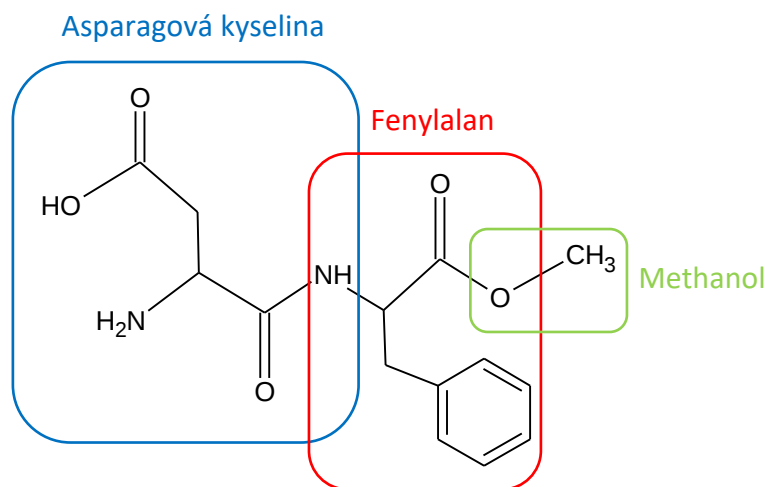
Erytriol se v malých množstvích vyskytuje v ovoci, v zelenině, semenech rostlin a v houbách. Ze všech cukerných alkoholů má nejnižší kalorickou hodnotu, ale má podobnou sladivost jako sacharóza. Jeho nevýhodou je vysoká cena, proto se běžně nepoužívá ke slazení nápojů (Jonáš & Kuchař 2013).

3.3.2.2 Ostatní syntetická náhradní sladidla

Náhradní syntetická sladidla jsou nízkokalorické chemické látky, které se používají jako náhražka rafinovaného cukru (Bandyopadhyay et al. 2008). Jak označení „chemické“ napovídá, jsou tato umělá sladidla vyrobena synteticky. V lidském těle pro ně ale neexistují žádné enzymy, které by byly schopné je rozštěpit, proto nejsou zdrojem skoro žádných kalorií. Dále nezvyšují hladinu krevního cukru, takže jsou z tohoto důvodu doporučovány diabetikům. Je ale otázka, zda jsou pro jejich tělo a tělo jakéhokoli člověka bezpečné. V podstatě mají jen sensorické vlastnosti, proto je jejich úkolem oslazení potraviny. Mnohdy je jejich sladivost vyšší než sladivost sacharosy. Bohužel se ale stále spekuluje o jejich zdravotní nezávadnosti (Strunecká & Patočka 2012).

Aspartam (E951)

Aspartam (obr. 13) byl náhodně objeven v roce 1969 (Mazur et al. 1969). Jeho sladivost je 200× vyšší než sladivost sacharosy. Jakmile se ale zahřeje, svoji sladkost ztrácí. Proto se většinou nepoužívá v pokrmech, které je nutné tepelně upravit. Dále se při zahřátí zvyšuje objem methylalkoholu a takto zvýšená dávka se stává pro tělo toxickou (Pollmer et al. 2009; Skurray 2007; Winter 2009; Vrbová 2001).

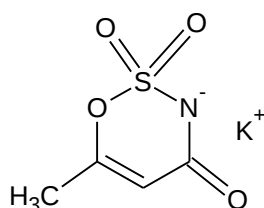


Obrázek č. 13 Aspartam

V lidském těle se rozkládá na fenylalanin (není vhodný pro lidi s fenylketonurií), asparagovou kyselinu a methanol (není vhodný pro těhotné a kojící ženy) (Singh et al. 2013). Slouží jako náhražka cukru v nejrůznějších potravinách, např. sladké nápoje, žvýkačky, nakládaná zelenina a ovoce, občas i jogurty nebo čaje. Aspartam už nemá základ v přírodě jako předešlá sladila, ale vyrábí se pouze synteticky (Pollmer et al. 2009; Skurray 2007; Winter 2009; Vrbová 2001).

Acesulfam K (acesulfam draselný) (E950)

Acesulfam K (obr. 14) patří mezi syntetická sladidla bez kalorií. Stejně tak jako aspartam, je asi 200× sladší než cukr, ale na rozdíl od něj je odolný vůči vysokým teplotám, tzn., dá se použít i při vaření pokrmu nebo je možné ho přidat do potravin, určeným k ohřevu. Sladí potraviny ale i zvýrazňuje chuť jiných syntetických sladidel.

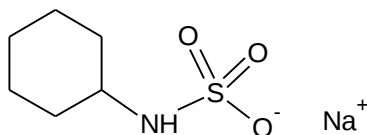


Obrázek č. 14 Acesulfam K

Acesulfam K se přidává do sladkostí různého typu, ale i do alkoholických a nealkoholických nápojů, do pečiva, jogurtů atd. Rovněž nemá žádný původ v přírodě, ale musí být vyráběn synteticky methylací oxathiazinu uhelnatého a dále krystalizací a smísením s draselným hydroxidem (Pollmer et al. 2009; Skurray 2007; Winter 2009; Vrbová 2001).

Cyklamát (E952)

Umělé sladidlo s názvem cyklamát (obr. 15) je asi 40× sladší než cukr, ale nemá žádné kalorie. Vyrábí se synteticky, a to přidáním hydroxidu sodného nebo vápenatého do cyklohexylaminu.

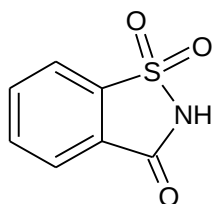


Obrázek č. 15 Cyklamát

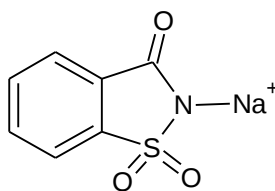
Toto syntetické sladidlo by mělo být vhodné pro diabetiky, proto se přidává do stravy jim určené. Dále je možné cyklamát nalézt na složení některých slazených nealkoholických nápojů (Pollmer et al. 2009; Skurray 2007; Winter 2009; Vrbová 2001).

Sacharin a jeho soli (E954)

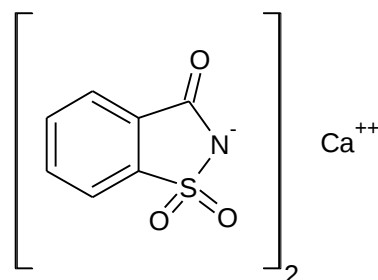
Sacharin (obr. 16) je jeden z nejstarších náhradních sladidel (Strunecká & Patočka 2012). Na rozdíl od ostatních ale po užití zanechá hořkou chuť v ústech. Je 200-700× sladší než cukr, ale nemá žádnou energetickou hodnotu. Protože nezvedá hladinu glykémie, je vhodný pro diabetiky a přidává se tedy do potravin určených přímo pro ně. Dále je možné ho nalézt v nealkoholických nápojích různého druhu, obsahovat ho mohou také žvýkačky, vitamínové přípravky nebo všelijaké sladkosti. Sacharin lze vyrábět jako vedlejší produkt z uhlí nebo také synteticky z toluenu (Pollmer et al. 2009; Skurray 2007; Winter 2009; Vrbová 2001). Mezi soli sacharinu patří sacharin sodný (obr. 17) a sacharin vápenatý (obr. 18).



Obrázek č. 16 Sacharin



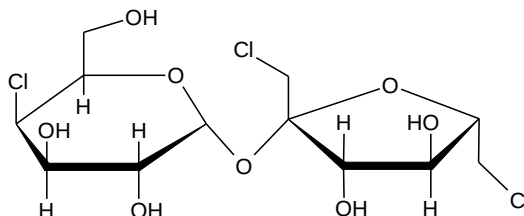
Obrázek č. 17 Sacharin sodný



Obrázek č. 18 Sacharin vápenatý

Sukralosa (E955)

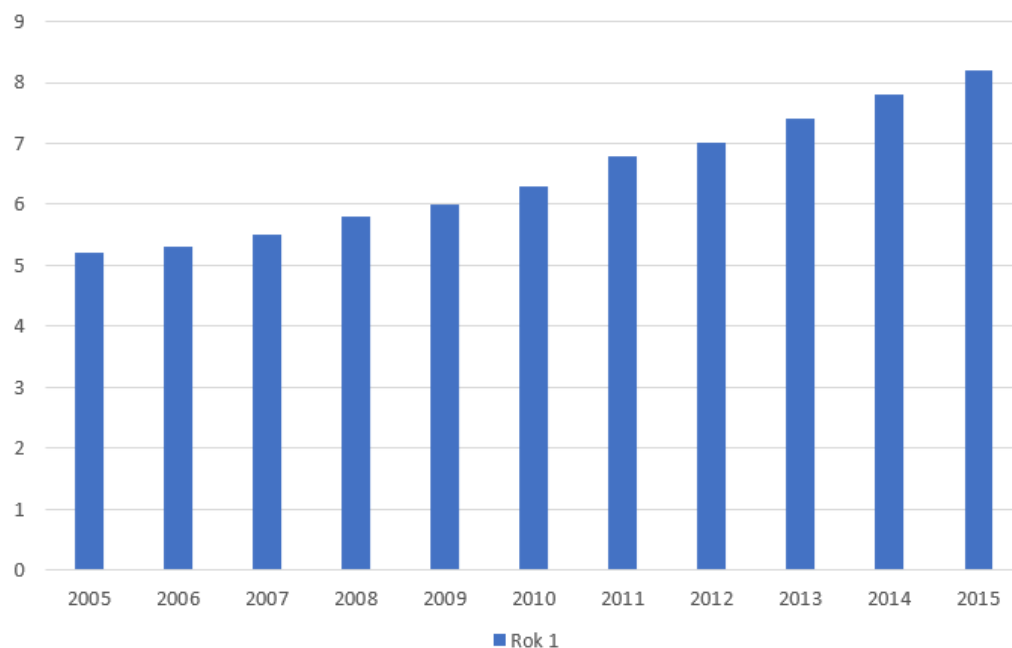
Sukralosa (obr. 19) je až 600× sladší než sacharosa. Patří mezi nízkokalorická sladidla a má nízký GI. Je odolný vůči vysokým teplotám a nízkému pH.



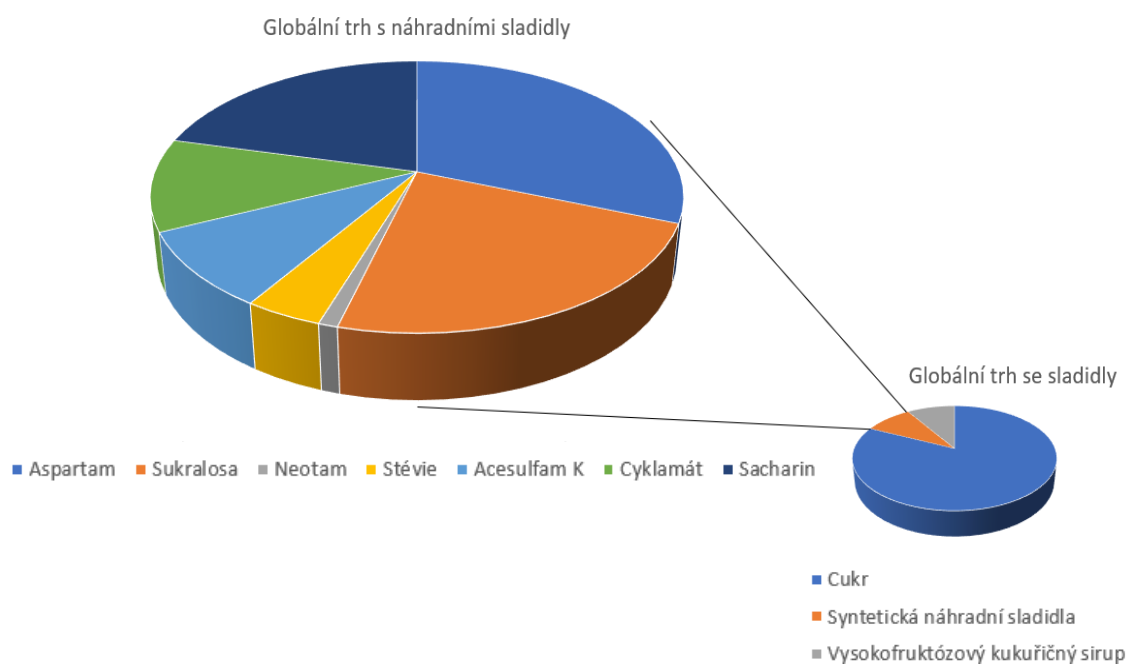
Obrázek č. 19 Sukralosa

Toto sladidlo je využíváno v různých dezertech, žvýkačkách, sladkostech, ale i v koření, v hotových jídlech atd. Je vyráběno synteticky ze sacharosy a to tak, že se v molekule sacharosy nahradí tři hydroxyskupiny za tři atomy chloru (Skurray 2007; Winter 2009; Vrbová 2001).

Globální trh s umělými sladidly a jejich spotřeba rok od roku roste (obr. 20; 21) (Elkaim 2022).



Obrázek č. 20 Rostoucí globální trh s umělými sladidly, upraveno dle (Elkaim 2022)

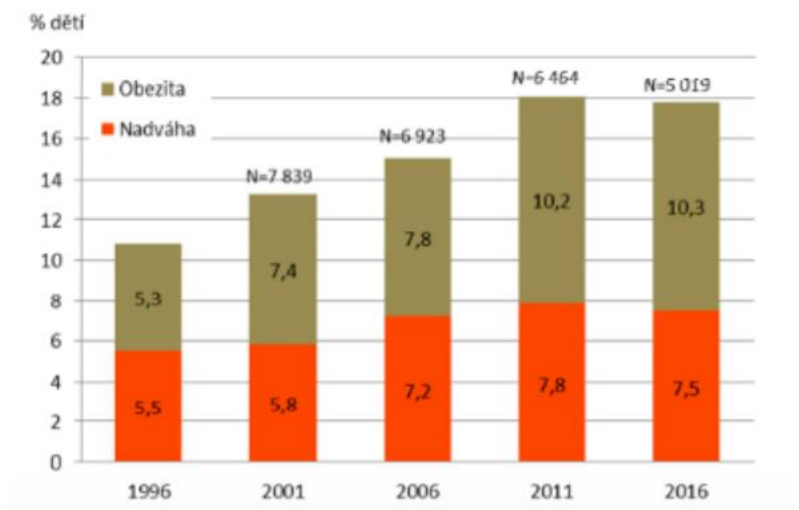


Obrázek č. 21 Trh s náhradními sladidly ve vztahu k cukru (Elkaim 2022)

3.3.2.3 Vliv syntetických náhradních sladidel na lidské zdraví

Obezita

V dnešní době přibývá jedinců s nadváhou a obezitou, která bývá velmi často způsobena cukrem. Tento problém se vyskytuje zejména v dětské věkové kategorii (obr. 22) (Improve yourself academy 2018).



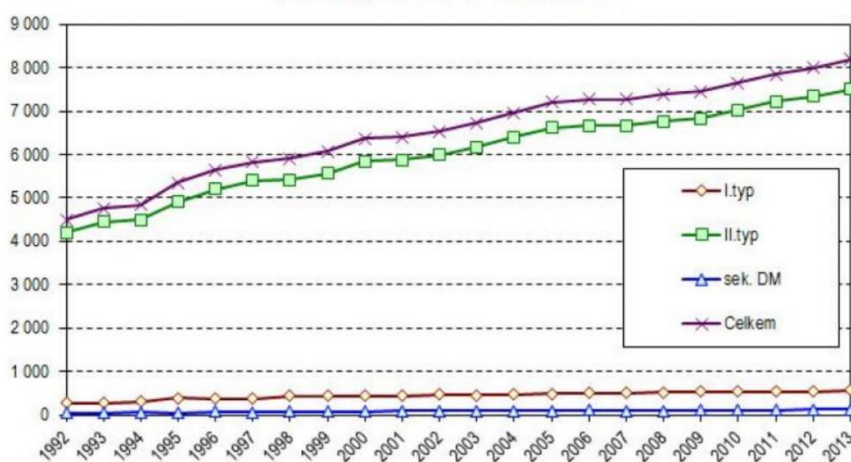
Obrázek č. 22 Vývoj nadváhy a obezity u dětí (věkové skupiny 5, 9, 13 a 17 let) mezi lety 1996 až 2016 (Improve yourself academy, 2018)

Začalo se tedy přemýšlet, jak by se dal cukr nahradit. Z toho důvodu byla vyvinuta nekalorická a nízkokalorická sladidla. Ta by měla nabízet preventivní opatření v boji proti nadměrnému přibírání na váze. Během zkoumání po jejich uvedení na trh a rozšíření se zjistilo, že u dětí ve věkové skupině 6-10 let překračuje spotřeba umělých sladidel denní příjem o 54 % (Tripathi et al. 2006). Nahrazení rafinovaného cukru nízkokalorickými sladidly, vede u jedinců s vyšším BMI k mírnému poklesu tělesné hmotnosti (Miller & Perez 2014; Laviada-Molina et al. 2020; Peters et al. 2016). Kvůli tomuto faktu se používají v nápojích a potravinách, které nemají mít vysoký obsah kalorií (de la Hunty et al. 2006). De Ruyter (2012) ve své studii ale naopak došla k výsledku, že dětská tělesná hmotnost se po konzumaci nápojů slazených náhradními sladidly průměrně zvýšila o 6,35 kg. Což je o 1,02 kg nižší nárůst tělesné hmotnosti než po konzumaci nápojů slazených cukrem. Tento fakt neplatí pouze u dětí, ale i u dospělých. Pouze u konzumace sukralosy byl zaznamenán úbytek tělesné hmotnosti (Higgins & Mattes 2019). Miller & Perez (2014) nezaznamenali žádný pohyb tělesné hmotnosti v průběhu nebo po dlouhodobé konzumaci syntetických náhradních sladidel. Acesulfam K se nevstřebává sliznicí trávicího traktu, proto je nekalorický. Nemetabolizuje se a je vylučován močí v nezměněné formě (Strunecká & Patočka, 2012). Zatímco sacharin se od ostatních nízkokalorických sladidel liší tak, že jeho užívání může přispívat ke zvyšování tělesné hmotnosti (Malhotra et al. 2013; Higgins & Mattes 2019), sukralosa podle výzkumu nemá u spotřebitelů vliv na změny tělesné hmotnosti (Baird et al. 2000; Thomson et al. 2019).

Aspartam zvyšuje chuť k jídlu. Po jeho konzumaci existuje u člověka riziko zvýšení tělesné hmotnosti. Důvodem, ale je zvýšený příjem potravy, a ne samotný aspartam (Strunecká & Patočka 2012). Nicméně Collinson et al. (2012) uvádí, že tělesná hmotnost se může zvyšovat i po samotném přijetí aspartamu. V rozporu s tímto názorem je studie de la Hunty et al. (2006), která tvrdí, že užívání potravin a nápojů slazených aspartamem vede k významnému snížení jak energetického příjmu, tak tělesné hmotnosti. Nicméně novější studie uvádí, že se hmotnost po konzumaci aspartamu spíše nemění (Higgins & Mattes 2019; Higgins et al. 2018). Stejně tak xylitol by neměl mít vliv na BMI. Dle studie Ahmad & Yusoff (2015) se po užívání xylitolu tělesná hmotnost u myši nezvýšila a u některých spíše snížila. Toto tvrzení by tedy mohlo platit i pro člověka. Studie uvádí, že to může být díky vlivu xylitolu na pomalejší vyprazdňování žaludku nebo urychlení střevního tranzitu živin ve srovnání s glukosou. Dle studie Uebanso et al. (2017) při podání xylitolu myším zůstala tělesná hmotnost stejná (Uebanso et al. 2017). Dá se tedy říci, že výsledky různých výzkumů jsou sporné a nevyvozují jednoznačný závěr.

Diabetes mellitus

Postupem času se zvyšuje počet jedinců, trpící diabetes mellitus 2. typu (obr. 23).



Obrázek č. 23 Vývoj prevalence diabetes mellitus v ČR na 100 000 obyvatel podle typu v letech 1992-2013 (Kvapil et al. 2016)

Dalším důvodem vyvinutí nízkokalorických náhradních sladidel byla možnost, že by mohla být vhodnou alternativou cukru pro diabetiky (Purohit & Mishra 2018). Ale i zde je funkčnost syntetických náhradních sladidel v tomto směru sporná. Byla totiž prokázána gradace rizika vzniku diabetes mellitus 2. typu v závislosti na délce konzumace umělých sladidel a na množství spotřebovaném za den (Fagherazzi et al. 2017). Souvislost mezi konzumací umělých sladidel a vzniku diabetes mellitus 2. typu uvádějí i další výzkumy (Greenwood et al. 2014; Pepino et al. 2013). De Koning et al. (2011) naopak riziko diabetes mellitus 2. typu po konzumaci umělých sladidel nepotvrdil. Avšak možnost rizika vzniku diabetes po konzumaci umělých sladidel by se neměla přehlížet. Aspartam a sukralosa způsobují postprandiální hyperglykémii (Anton et al. 2010). Vysoká hladina insulinu po jídle byla také pozorována u ostatních umělých sladidel (Imamura et al. 2015). Náhradní sladidla

mohou rozvinout diabetes mellitus 2. typu u těhotných žen, které během těhotenství prodělaly gestační diabetes (Plows et al. 2020). Je možné, že konzumace běžně používaných nekalorických umělých sladidel vede k rozvoji glukosové intolerance prostřednictvím ovlivnění střevního mikrobiomu. To může mít za následek zhoršení progresu diabetes (Suez et al. 2014). Acesulfam K konzumovaný po dobu minimálně dvou týdnů neovlivňuje nepříznivě metabolismus glukosy u dospělých mužů a žen (Kim et al. 2020). Sukralosa naopak ovlivňuje glykemické a insulinové reakce na orální zátěž glukosy u obézních lidí, kteří normálně nekonzumují náhradní nízkokalorická sladidla (Pepino et al. 2013). K podobným výsledkům došla studie Romo-Romo et al. (2018), která prokázala, že sukralosa může mít vliv na metabolismus glukosy. Studie zároveň uvádí, že k potvrzení poklesu citlivosti na insulin a ke zkoumání mechanismů těchto metabolických změn jsou zapotřebí další studie. Aspartam by měl být, jako jedno z náhradních nekalorických sladidel, vhodný pro diabetiky. Výzkum Choudhary (2018) zkoumal spojitost aspartamu s diabetes mellitus 2. typu. Došli k závěru, že aspartam a jeho metabolity jsou bezpečné z hlediska rizika vzniku diabetes mellitus 2. typu. Nicméně tato metaanalýza také tvrdí, že je toto téma stále diskutabilní kvůli nedostatku konzistentních údajů. Taktéž mannitol ve výzkumu akutně inhiboval absorpci glukosy a postprandiální zvýšení glukosy u diabetických potkanů. Proto může být mannitol použit jako antihyperglykemický doplněk stravy pro kontrolu postprandiálního zvýšení glukosy v krvi, zejména u diabetes mellitus 2. typu (Chukwuma et al. 2019). Xylitol lze používat jako náhražku cukru u diabetických pacientů (Islam & Indrajit 2012; Rahman & Islam 2014). Také erytriol je vhodným sladidlem pro diabetiky, jelikož vykazuje antihyperglykemické účinky nejen prostřednictvím snížení absorpce glukosy v tenkém střevě, ale také zvýšením příjmu glukosy ve svalech nebo zlepšením aktivity glukosových metabolických enzymů (Chukwuma et al. 2018). Cukerné alkoholy by neměly spouštět glykemickou odezvu. Z tohoto důvodu jsou široce používány u jedinců s vysokým BMI, u diabetických pacientů (Baines & Seal 2012).

Kardiovaskulární onemocnění

Příjem nízkokalorických náhradních sladidel byl spojen s vyšším rizikem výskytu kardiovaskulárního onemocnění (Yin et al. 2021). Častá a vysoká konzumace nápojů s umělými náhradními sladidly je spojována se zvýšeným rizikem ischemické mozkové příhody a ischemické choroby srdeční (Bernstein et al. 2012). Cheungpasitporn et al. (2015) uvedli významnou souvislost mezi spotřebou uměle slazených nápojů a hypertenzí.

Nádorová onemocnění

Vznik nádorového onemocnění je další riziko, které se řeší ve spojení s vlivem umělých sladidel na zdraví člověka. Záleží na délce, frekvenci a množství užívání těchto látek. U aspartamu zatím neexistuje žádný důkaz o tom, že by byl původcem nádorového onemocnění (Weihsrauch & Diehl 2004; Lim et al. 2006). Naopak studie Schernhammer et al. (2012) přišla na to, že aspartam může být spojován s rizikem vzniku lymfomu a leukémie pouze u mužů. Podobně cyklamát, dle některých studií, po dlouhodobé konzumaci zvyšuje riziko vzniku nádorového onemocnění a to o 30 % (Simon et al. 1975; Kessler & Clark 1978). I společně se sacharinem může být příčinou většího výskytu nádorového onemocnění močového měchýře

(Vrbová 2001; Skurray 2007; Winter 2009; Pollmer et al. 2009). Vliv sacharinu na vznik nádorového onemocnění je stále nejasný. Studie Munro (1975) uvádí, že sacharin má karcinogenní účinky. Reuber (1978) ve své studii uvedl, že pokud sacharin vyvolává nádorové onemocnění močového měchýře u potkanů a myší, bude s největší pravděpodobností karcinogenní i pro člověka. Sukralosa se také podezřívá z toho, že by mohla být karcinogenní. U tohoto sladidla je toto podezření proto, že ve své molekule obsahuje chlor. Látky obsahující tento prvek se obecně považují za nebezpečné, způsobující nádorové onemocnění (Strunecká & Patočka 2012). Americká organizace FDA prováděla studie na potkanech, aby zjistila, jestli má aspartam karcinogenní účinky. Výsledky byly považovány za negativní (FDA 1981). Avšak jiná studie uvádí, že by toto náhradní sladidlo mohlo způsobovat nádorová onemocnění (Soffritti et al. 2006).

Vliv na ústní dutinu

Byl pozorován pozitivní účinek umělých sladidel na ústní dutinu. Studie se nejvíce zaměřovaly na potlačení vzniku zubního kazu, zubního plaku a zánětu dásní. Udává se, že sorbitol v ústní dutině nijak nepůsobí na bakterie rodu *Streptococcus* (Oza et al. 2018), s výjimkou *S. mutans*, na který má inhibiční účinek v závislosti na dávce (Chan et al. 2020). Též nijak nepůsobí na bakterie rodu *Lactobacillus*, které se nacházejí ve slinách (Oza et al. 2018). Nijak výrazně neovlivňuje ani zubní plak nebo zdraví dásní. Toto tvrzení vyvrací studie Chan et al. (2020), která naopak uvádí, že přítomnost sorbitolu snižuje výskyt zubního plaku. Dlouhodobá konzumace xylitolu inhibuje růst některých streptokoků (*S. mutans* a *S. sobrinus*) a laktobacilů ve slinách. Nezdálo se však, že by ovlivnila druhy *S. sanguinis* a *S. mitis*. Obvyklá konzumace xylitolu tedy snižuje hladinu kariogenních streptokoků bez jakéhokoli vlivu na streptokoky prospěšné pro dutinu ústní. Po dlouhodobém používání také přispívá ke snižování zubního plaku a působí příznivě na dásně (Oza et al. 2018; Bahador et al. 2012). Erytriol po dlouhodobém užívání působí příznivě na zdraví ústní dutiny. To bylo prokázáno snížením celkového počtu zubních kazů (de Cock et al. 2016). Jeho konzumace byla také spojena se sníženým růstem plaku a sníženým orálním počtem bakterií *S. mutans* ve srovnání s konzumací xylitolových nebo sorbitolových bonbónů (Runnel et al. 2013). Žvýkačky bez cukru významně snižují přírůstek zubního kazu a poskytují prevenci před tímto zdravotním problémem (Newton et al. 2020). Lze tedy konstatovat, že nízkokalorická sladidla mohou přispět ke zdraví zubů (Gupta et al. 2012).

Vliv na plod

U náhradních sladidel, zejména u Acesulfamu K, existuje riziko poškození plodu, jestliže je konzumován těhotnými ženami. Narozenému jedinci by mohlo hrozit zvýšené riziko metabolických onemocnění v pozdějším věku, např. obezity (Araújo et al. 2014). Naopak sacharin se v malém množství nachází přímo v mateřském mléce, a proto se neočekává, že by měl mít na kojence (a celkově na člověka) jakékoliv nepříznivé účinky. U kojence to může být ovšem způsobeno tím, že za den nedosáhne vyššího množství, než je přijatelný denní příjem (Uriza et al. 2020). U dětí a kojících žen určitě není rozumné nahrazovat cukr nízkokalorickými náhradními sladidly, protože se stále spekuluje o jejich bezpečnosti (Renwick 2006).

Další vlivy

Cyklohexylamin, na který se cyklamát v těle přeměňuje, může být příčinou vzniku zánětu močového měchýře (Vrbová 2001; Skurray 2007; Winter 2009; Pollmer et al. 2009). Studie, která zkoumala působení sacharinu na močový měchýř prokázala, že ovlivňuje jeho vnímání plnění. U některých žen bylo pozorováno vyvolání zvýšené diurézy (Bakali et al. 2017). Konzumace sacharinu v nízkých ale i vysokých dávkách nemá vliv na střevní mikrobiom nebo na intoleranci glukosy u zdravých lidí (Serrano et al. 2021). Používání sukralosy je výhodné v tom, že nezpůsobuje zubní kaz. Nejsou u ní zjištěné žádné nežádoucí účinky, a tak je považována za bezpečnější než ostatní náhradní sladidla. Po přijetí nadměrného množství ani nezpůsobí trávicí potíže a nemá žádný vliv na střevní mikrobiom (Winter 2009; Skurray 2007; Vrbová 2001). Již od doby objevení aspartamu panují spekulace, zda je tato látka zcela bezpečná. Dnes patří mezi nejvíce prozkoumaná náhradní sladidla, právě kvůli obavám z jeho vedlejších účinků (FÉR potravina 2017). Lindseht et al. (2014) uvádí, že aspartam může poškozovat mozek. Jeho užívání může mít za následek zhoršení behaviorálních a kognitivních funkcí (Collison et al. 2012), bolesti hlavy a migrény (Oguz et al. 2018), podrážděné nálady, úzkost, deprese (Walton et al. 1993) nebo poruchy učení a paměti (Collison et al. 2012). RNDr. A. Strunecká ve své knize píše, že byl aspartam původně vyvinut jako bojová neurotoxická látka k tomu, aby ovlivňoval myšlení nepřítele na bojišti. K protivníkovi se dostával kontaminací vody (Strunecká & Patočka 2012). K nevýhodám aspartamu se také řadí to, že by ho neměli konzumovat lidé s fenylketonurií, jelikož jednou z jeho složek je fenylalanin. Tuto aminokyselinu jedinci s touto vzácnou genetickou poruchou obtížně metabolizují (Newbould et al. 2021). Syntetická náhradní sladidla podobná přírodním (cukerné alkoholy) nepůsobí výrazně negativně na lidský organismus. Neměla by se však konzumovat ve velkém množství, protože většina z nich by mohla způsobit po přijetí většího množství střevní potíže (FÉR potravina 2017; Simonsohnová 2013). Při nadměrné konzumaci jsou spojeny s vedlejšími účinky, mezi které patří plynatost (Koutsou et al. 1996; Zumbé & Brinkworth 1992), bolesti břicha (Koutsou et al. 1996) a osmotický průjem, který může být důsledkem konzumace příliš velkých dávek dietních cukerných alkoholů. Např. xylitol, mannitol, maltitol, laktitol a isomalt. Osmotický průjem se neřadí mezi nemoci, protože je to jednoduchá osmotická reakce na přítomnost pomalu vstřebávaných sacharidů v lumenu střeva (Mäkinen 2016). Mezi další vedlejší účinky patří např. mírná laxace (tělesné ochabnutí) (Koutsou et al. 1996). Cukerné alkoholy spolu s některými oligosacharidy získaly pozornost kvůli jejich prebiotickým vlastnostem a dalším zdravotním přínosům (Mäkinen 2016).

4 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo zpracovat přehlednou literární rešerši zaměřenou na porovnání různých sladidel s ohledem na to, které z nich je pro naše zdraví nejvhodnější.

Práce byla kvůli lepší přehlednosti rozdělena na několik částí, které se zabývají různými typy sladidel a jejich účinky na lidský organismus.

Cukr je v dnešní době velkým problémem. Děti se již od útlého věku setkávají s potravinami a nápoji, které často obsahují velké množství sacharózy. Ta se stává běžnou součástí jejich jídelníčku a tento zvyk si nesou až do dospělosti. Dlouhodobá konzumace slazených potravin může mít později vliv na rozvoji závislosti. Slazené nápoje jsou v tomto ohledu ještě problematičtější. Jejich konzumace způsobuje nekontrolované přijímání cukru, protože nemají takové sytící schopnosti jako potraviny.

Podle mnoha studií je cukr jednou z hlavních příčin nadváhy a obezity u lidské populace, u které je tento problém bohužel v dnešním rozvinutém světě velmi častý. Jeho nadměrná konzumace také může vést ke vzniku diabetes mellitus 2. typu, který se u dnešní populace vyskytuje čím dál častěji. Tím se zvyšují i náklady na jejich léčbu. Cukr může být příčinou i řady dalších onemocnění jako např. kardiovaskulární nebo nádorové onemocnění nebo může nepříznivě působit na zuby a způsobovat zubní kaz. Zajímavým faktem je, že může negativně působit na lidskou psychiku, způsobovat deprese a u dětí i ADHD.

Přírodní náhradní sladidla ve většině případů obsahují cukr v různé podobě. Každé sladidlo má své výhody i nevýhody, takže nelze jednoznačně určit, jestli jsou pro tělo vhodné nebo nejsou. Z mého pohledu je to ale o trochu lepší volba než sladidla syntetická, protože pochází z přírody a k takovýmto výrobkům má člověk podle mého názoru blíže, ale na obsah cukru by se mělo přihlížet. V tomto stavu vykazuje nejlepší vlastnosti stévie, která cukr neobsahuje. Toto sladidlo by tedy mohlo být vhodné jak pro obézní jedince, tak pro diabetiky.

Syntetická náhradní sladidla byla vyvinuta jako alternativa cukru, která by mohla být řešením problému s obezitou a diabetes. Jestli ale splňují svůj účel je stále sporné. Metaanalýzy, randomizované kontroly a další studie, které zatím existují, uvádějí rozporuplné výsledky. Závěry studií tvrdí, že by obézní jedinci a osoby s diabetes mellitus neměly konzumovat ani náhradní sladidla. Ty totiž mohou podle některých studií obezitu i diabetes mellitus 2. typu způsobovat také. Navíc ještě existují studie, které tvrdí, že náhradní umělá sladidla mohou být původci různých nemocí, jako např. kardiovaskulární nebo nádorové onemocnění, anebo mohou tyto nemoci zhoršovat. Výzkumů ale není velké množství a většina z nich má odlišné výsledky.

Někteří jedinci nedají dopustit na své zvyky ohledně slazení cukrem a k syntetickým sladidlům si stále nevybudovali důvěru. Z prostudovaných materiálů vyplývá, že by člověk měl nejlépe slazené nápoje (cukrem i náhradními sladidly) ze svého jídelníčku vynechat. Nejlepší ze všeho je pít čistou vodu nebo neslazený zelený, černý nebo bylinný čaj. Ze stravy by měl vynechávat nadbytečné cukry i sladidla. Některé potraviny nebo nápoje obsahují více sladidel dohromady. V tomto případě vzniká synergický efekt, který ještě zkoumán nebyl. Toto téma by bylo vhodné pro budoucí studie. Z dvojice přírodní a syntetická sladidla bych volila spíše ta přírodní, ze kterých vykazuje nejlepší výsledky med. Stále je to ale jen sladidlo, takže i ten by měl být konzumován s mírou.

V průběhu zpracování bakalářské práce jsem došla k závěru, že lidskému organismu přináší nejvíce benefitů nutričně vyvážená strava. Občasné vybočení nepřinese žádné zdravotní komplikace, avšak problém nastává tehdy, pokud se nadměrná spotřeba cukru nebo náhradních sladidel stane součástí lidského života.

5 Seznam použité literatury

1. Abete I, Parra D, Martinez JA. 2008. Energy-restricted diets based on a distinct food selection affecting the glycemic index induce different weight loss and oxidative response. *Clinical Nutrition* **27**:545-551.
2. Abuelgasim H, Albury C, Lee J. 2021. Effectiveness of honey for symptomatic relief in upper respiratory tract infections: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Evidence-Based Medicine* **26**:57-64.
3. Adamíková A. 2017. Cukrovka 2. typu. Available from <https://www.cukrovka.cz/cukrovka-typu-2-2> (accessed June 2017).
4. Ahmad NEQ & Yusoff NM. 2015. The Effects of Xylitol on Body Weight Loss Management and Lipid Profile on Diet-Induced Obesity Mice. *Journal of Biosciences and Medicines* **03**:54-58.
5. Ajami M, Seyfi M, Hosseini FAP, Naseri P, Velayati A, Mahmoudnia F, Zahedirad M, Hajifaraji M. 2020. Effects of stevia on glycemic and lipid profile of type 2 diabetic patients: A randomized controlled trial. *Avicenna Journal of Phytomedicine* **10**:118-127.
6. Ajibola A. 2015. Novel Insights into the Health Importance of Natural Honey. *The Malaysian Journal of Medical Sciences: MJMS* **22**:7-22.
7. Al-Waili N, Salom K, Al-Ghamdi A, Ansari MJ. 2012. The scientificWorldJOURNAL Review Article Antibiotic, Pesticide, and Microbial Contaminants of Honey: Human Health Hazards. *The Scientific World Journal* DOI: 10.1100/2012/930849.
8. Aldámiz-Echevarría L, de las Heras J, Couce ML, Alcalde C, Vitoria I, Bueno M, Blasco-Alonso J, García MC, Ruiz M, Suárez R et al. 2020. Non-alcoholic fatty liver in hereditary fructose intolerance. *Clinical Nutrition* **39**:455-459
9. Anton SD, Martin CK, Han H, Coulon S, Cefalu WT, Geiselman P, Williamson DA. 2010. Effects of stevia, aspartame, and sucrose on food intake, satiety, and postprandial glucose and insulin levels. *Appetite* **55**:37-43.
10. Araújo JR, Martel F, Keating E. 2014. Exposure to non-nutritive sweeteners during pregnancy and lactation: Impact in programming of metabolic diseases in the progeny later in life. *Reproductive Toxicology* **49**:196-201.
11. Bahador A, Lesan S, Kashi N. 2012. Effect of xylitol on cariogenic and beneficial oral streptococci: a randomized, double-blind crossover trial. *Iranian Journal of Microbiology* **4**:75-81.
12. Baines D & Seal R. 2012. Natural food additives, ingredients and flavourings (D. Baines & R. Seal, Eds.; 1st ed.). Woodhead Publishing.

13. Baird IM, Shephard NW, Merritt RJ, Hildick-Smith G. 2000. Repeated dose study of sucralose tolerance in human subjects. *Food and Chemical Toxicology* **38**:123-129.
14. Bakali E, Hong J, Gillespie J, Tincello D. 2017. Saccharin increases perception of bladder filling in a forced diuresis experiment. *Neurourology and Urodynamics* **36**:1363-1368.
15. Bandyopadhyay A, Ghoshal S, Mukherjee A. 2008. Genotoxicity Testing of Low-Calorie Sweeteners: Aspartame, Acesulfame-K, and Saccharin. *Drug and Chemical Toxicology* **31**:447-457.
16. Becker SL, Chiang E, Plantinga A, Carey HV, Suen G, Swoap SJ. 2020. Effect of stevia on the gut microbiota and glucose tolerance in a murine model of diet-induced obesity. *FEMS Microbiology Ecology* **96**:079
17. BeMiller JN. 2018. *Carbohydrate Chemistry for Food Scientists*. 3. West Lafayette, India. Elsevier Science & Technology.
18. BeMiller JN & Whistler RL 2009. *Starch: Chemistry and Technology* (3.). Elsevier Science & Technology.
19. Bernstein AM, de Koning L, Flint AJ, Rexrode KM, Willett WC. 2012. Soda consumption and the risk of stroke in men and women. *The American Journal of Clinical Nutrition* **95**:1190-1199.
20. Bhadra P & Gayatri D. 2020. *In-silico* Analysis of Effects of Stevia Extract on Diabetes Nutraceuticals View project Role of Phytochemicals in Human Physiological Disorders: Diabetes and Obesity View project. *Indian Journal of Natural Sciences*. **2012**:930849.
21. Blanco A & Blanco G (2017). Carbohydrate Metabolism. *Medical Biochemistry* 283-323.
22. Bornet FRJ. 2001. Fructo-Oligosaccharides and Other Fructans: Chemistry, Structure and Nutritional Effects. In: *Advanced Dietary Fibre Technology*. P. 480-493. Oxford, UK. Blackwell Science Ltd. Available from <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=FR2003002235>
23. Bourn J. 2001. Tackling Obesity in England. National Audit Office.
24. Bray GA. 2010. Soft drink consumption and obesity: it is all about fructose. *Current Opinion in Lipidology* **21**:51-57.
25. Bruker MO. 1986. *Unsere Nahrung, unser Schicksal*. Lahnstein. Emu.
26. Burleson CE, Anderson K, Copeland Z, Sullivan KL. 2016. Consumption of Sugar-Sweetened Beverages Associated With Increased Odds of Depression. *Epidemiology Open Journal*, 1:53-58 Openventio Publishers. DOI: 10.17140/EPOJ-1-107

27. Caha J. 2016. February 2 Glykemický index pro vhodný výběr sacharidů. Available from <https://aktin.cz/3615-glykemicky-index-pro-vhodny-vyber-sacharidu> (retrieved April 2022)
28. Carpita NC, Kanabus J, Housley TL. 1989. Linkage Structure of Fructans and Fructan Oligomers from *Triticum aestivum* and *Festuca arundinacea* Leaves. *Journal of Plant Physiology* **134**:162-168.
29. Collison KS, Makhoul NJ, Zaidi MZ, Saleh SM, Andres B, Inglis A, Al-Rabiah R, Al-Mohanna FA. 2012. Gender Dimorphism in Aspartame-Induced Impairment of Spatial Cognition and Insulin Sensitivity. *PLoS ONE* **7** (e31570) DOI: 10.1371/journal.pone.0031570.
30. Copeland L, Blazek J, Salman H, Tang MC. 2009. Form and functionality of starch. *Food Hydrocolloids* **23**:1527-1534.
31. de Cock P, Mäkinen K, Honkala E, Saag M, Kennepohl E, Eapen A. 2016. Erythritol Is More Effective Than Xylitol and Sorbitol in Managing Oral Health Endpoints. *International Journal of Dentistry*. 1-15.
32. de Koning L, Malik VS, Rimm EB, Willett WC, Hu FB. 2011. Sugar-sweetened and artificially sweetened beverage consumption and risk of type 2 diabetes in men. *The American Journal of Clinical Nutrition* **93**:1321-1327.
33. de la Hunty A, Gibson S, Ashwell M. 2006. A review of the effectiveness of aspartame in helping with weight control. *Nutrition Bulletin*. **31**:115-128.
34. de Ruyter JC, Olthof MR, Seidell JC, Katan MB. 2012. A Trial of Sugar-free or Sugar-Sweetened Beverages and Body Weight in Children. *New England Journal of Medicine* **367**:1397-1406.
35. DECODE. 1999. Glucose tolerance and mortality: comparison of WHO and American Diabetes Association diagnostic criteria. The DECODE study group. European Diabetes Epidemiology Group. *Diabetes Epidemiology: Collaborative analysis Of Diagnostic criteria in Europe*. *Lancet (London, England)* **354**:617-621.
36. Dhaouadi K, Raboudi F, Estevan C, Barrajon E, Vilanova E, Hamdaoui M, Fattouch S. 2011. Cell Viability Effects and Antioxidant and Antimicrobial Activities of Tunisian Date Syrup (Rub El Tamer) Polyphenolic Extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **59**:402-406.
37. Drozdowski L. 2006. Intestinal sugar transport. *World Journal of Gastroenterology* **12**:1657
38. Duffey KJ, Popkin BM. 2008. High-fructose corn syrup: is this what's for dinner? *The American Journal of Clinical Nutrition* **88**:1722S-1732S

39. Dufty W. 1996. Zucker-Blues Suchtstoff Zucker. Frankfurt am Main. Zweitausendeins 125-125.
40. Dutta H. 2020. Amylose: Properties, Structure and Functions. New York. Nova Science Publishers, Incorporated.
41. Dyer J, Hosie KB, Shirazi-Beechey SP. 1997. Nutrient regulation of human intestinal sugar transporter (SGLT1) expression. *Gut*. **41**:56–59.
42. Ebbeling CB, Feldman HA, Chomitz VR, Antonelli TA, Gortmaker SL, Osganian SK, Ludwig DS. 2012. A Randomized Trial of Sugar-Sweetened Beverages and Adolescent Body Weight. *New England Journal of Medicine* **367**:1407-1416.
43. Elkaim Y. 2022. Zero-Calorie Sweeteners Just As Bad As Sugar (Perhaps Even Worse) At Packing on FAT... AND A HOST OF OTHER HEALTH PROBLEMS! Available from <http://www.supernutritionacademy.com/artificial-sweeteners-side-effects/> (accessed March 2022, retriever March 2022)
44. Ellegård L, Andersson H, Bosaeus. 1997. Inulin and oligofructose do not influence the absorption of cholesterol, or the excretion of cholesterol, Ca, Mg, Zn, Fe, or bile acids but increases energy excretion in ileostomy subjects. *European Journal of Clinical Nutrition* **51**:1-5.
45. Fagherazzi G, Gusto G, Affret A, Mancini FR, Dow C, Balkau B, Clavel-Chapelon F, Bonnet F, Boutron-Ruault MC. 2017. Chronic Consumption of Artificial Sweetener in Packets or Tablets and Type 2 Diabetes Risk: Evidence from the E3N-European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition Study. *Annals of Nutrition and Metabolism* **70**:51-58.
46. Farsad-Naeimi A, Asjodi F, Omidian M, Askari M, Nouri M, Pizarro AB, Daneshzad E. 2020. Sugar consumption, sugar sweetened beverages and Attention Deficit Hyperactivity Disorder: A systematic review and meta-analysis. *Complementary Therapies in Medicine*, **53**
47. FDA 1981. Department of Health and Human Services. Available from <https://www.fda.gov/media/89219/download>
48. FDA 2014. May 19 High-Intensity Sweeteners. Available from <https://www.fda.gov/food/food-additives-petitions/high-intensity-sweeteners> (accessed March 2022, retriever March 2022)
49. FÉR potravina 2017. E951-Aspartam. Available from <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E951>
50. Ferder L, Ferder MD, Inserra F. 2010. The Role of High-Fructose Corn Syrup in Metabolic Syndrome and Hypertension. *Current Hypertension Reports* **12**:105-112.

51. Ferrier D. 2017. Lippincott Illustrated Reviews: Biochemistry. Lippincott Williams and Wilkins.
52. Figlewicz DP, Ioannou G, Jay JB, Kittleson S, Savard C, Roth CL. 2009. Effect of moderate intake of sweeteners on metabolic health in the rat. *Physiology & Behavior* **98**:618-624.
53. Fořt P & Mach I. 2014. Nevíte, co jíte, Jak vás klame potravinářský průmysl. BizBooks.
54. Gabrovská D & Chýlková M. 2017. Sladká fakta o cukrech a sladidlech aneb čím si osladit život (1st ed.). Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny
55. Gorboulev V, Schürmann A, Vallon V, Kipp H, Jaschke A, Klessen D, Friedrich A, Scherneck S, Rieg T, Cunard R, et al. 2012. Na(+)-D-glucose Cotransporter SGLT1 is Pivotal for Intestinal Glucose Absorption and Glucose-Dependent Incretin Secretion. *Diabetes*. **61**:187–196.
56. Green MM, Blankenhorn G, Hart H. 1975. Which starch fraction is water-soluble, amylose or amylopectin? *Journal of Chemical Education* **52**:729.
57. Greenwood DC, Threapleton DE, Evans CEL, Cleghorn CL, Nykjaer C, Woodhead C, Burley VJ. 2014. Association between sugar-sweetened and artificially sweetened soft drinks and type 2 diabetes: systematic review and dose–response meta-analysis of prospective studies. *British Journal of Nutrition* **112**:725-734.
58. Grembecka M. 2015. Natural sweeteners in a human diet. *Roczniki Panstwowego Zakladu Higieny* **66**:195–202.
59. Grummon AH, Taillie LS, Golden SD, Hall MG, Ranney LM, Brewer NT. 2019. Sugar-Sweetened Beverage Health Warnings and Purchases: A Randomized Controlled Trial. *American Journal of Preventive Medicine* **57**:601–610.
60. Gupta N & Kushwaha H. 2011. Date Palm as a Source of Bioethanol Producing Microorganisms. In *Date Palm Biotechnology* 711-727. Springer Netherlands.
61. Hall FF, Ratliff CR, Hayakawa T, Culp TW, Hightower NC. 1970. Substrate differentiation of human pancreatic and salivary alpha-amylases. *The American Journal of Digestive Diseases* **15**:1031-1038.
62. Harada N & Inagaki N. 2012. Role of sodium-glucose transporters in glucose uptake of the intestine and kidney. *Journal of Diabetes Investigation* **3**:352-353.
<https://doi.org/10.1111/j.2040-1124.2012.00227.x>
63. Haslam DW & James WPT. 2005. Obesity. *The Lancet*, 366(9492), 1197–1209.
64. Hassan SA & Gupta V. 2022. Maple Syrup Urine Disease.

65. Hebbar KB, Ramesh SV, Ghosh DK, Beegum, PPS, Pandiselvam R, Manikantan MR, Mathew AC. 2022. Coconut Sugar- a Potential Storehouse of Nutritive Metabolites, Novel Bio-products and Prospects. Sugar Tech.
66. Hiel S, Bindels LB, Pachikian BD, Kalala G, Broers V, Zamariola G, Chang BPI, Kambashi B, Rodriguez J, Cani PD, et al. 2019. Effects of a diet based on inulin-rich vegetables on gut health and nutritional behavior in healthy humans. *The American Journal of Clinical Nutrition* **109**:1683-1695.
67. Higgins KA, Considine RV, Mattes RD. 2018. Aspartame Consumption for 12 Weeks Does Not Affect Glycemia, Appetite, or Body Weight of Healthy, Lean Adults in a Randomized Controlled Trial. *The Journal of Nutrition* **148**:650-657.
68. Higgins KA & Mattes RD. 2019. A randomized controlled trial contrasting the effects of 4 low-calorie sweeteners and sucrose on body weight in adults with overweight or obesity. *The American Journal of Clinical Nutrition* **109**:1288-1301.
69. Hu FB & Malik VS. 2010. Sugar-sweetened beverages and risk of obesity and type 2 diabetes: Epidemiologic evidence. *Physiology & Behavior* **100**:47-54.
70. Hu D, Cheng L, Jiang W. 2019. Sugar-sweetened beverages consumption and the risk of depression: A meta-analysis of observational studies. *Journal of Affective Disorders* **245**:348-355.
71. Huang C, Huang J, Tian Y, Yang X, Gu D. 2014. Sugar sweetened beverages consumption and risk of coronary heart disease: A meta-analysis of prospective studies. *Atherosclerosis*, **234**:11-16.
72. Chan A, Ellepola K, Truong T, Balan P, Koo H, Seneviratne CJ. 2020. Inhibitory effects of xylitol and sorbitol on *Streptococcus mutans* and *Candida albicans* biofilms are repressed by the presence of sucrose. *Archives of Oral Biology* **119** DOI: 10.1016/J.ARCHORALBIO.2020.104886.
73. Cheungpasitporn W, Thongprayoon C, Edmonds PJ, Srivali N, Ungprasert P, Kittanamongkolchai W, Erickson SB. 2015. Sugar and artificially sweetened soda consumption linked to hypertension: A systematic review and meta-analysis. *Clinical and Experimental Hypertension* **37**:587-593.
74. Choudhary AK. 2018. Aspartame: Should Individuals with Type II Diabetes be Taking it? *Current Diabetes Reviews* **14**:350-362.
75. Chukwuma CI, Matsabisa MG, Erukainure OL, Ibeji CU, Islam MS. 2019. D-mannitol modulates glucose uptake ex vivo; suppresses intestinal glucose absorption in normal and type 2 diabetic rats. *Food Bioscience* **29**:30–36.

76. Chukwuma CI, Mopuri R, Nagiah S, Chuturgoon AA, Islam MS. 2018. Erythritol reduces small intestinal glucose absorption, increases muscle glucose uptake, improves glucose metabolic enzymes activities and increases expression of Glut-4 and IRS-1 in type 2 diabetic rats. *European Journal of Nutrition* **57**:2431-2444.
77. Chung M, Ma J, Patel K, Berger S, Lau J, Lichtenstein AH 2014. Fructose, high-fructose corn syrup, sucrose, and nonalcoholic fatty liver disease or indexes of liver health: a systematic review and meta-analysis. *The American Journal of Clinical Nutrition* **100**:833-849.
78. Chung HJ & Liu Q. 2009. Impact of molecular structure of amylopectin and amylose on amylose chain association during cooling. *Carbohydrate Polymers*, **77**:807-815.
79. Imamura F, O'Connor L, Ye Z, Mursu J, Hayashino Y, Bhupathiraju SN, Forouhi NG. 2015. Consumption of sugar sweetened beverages, artificially sweetened beverages, and fruit juice and incidence of type 2 diabetes: systematic review, meta-analysis, and estimation of population attributable fraction. *BMJ* DOI: 10.1136/bmj.h3576.
80. Improve yourself academy 2018. Obezita a nadváha nejen u dětí. Available from <https://www.improveacademy.cz/obezita-a-nadvaha-nejen-u-deti/> (accessed October 2018, retrieved April 2022)
81. Islam MS & Indrajit M. 2012. Effects of Xylitol on Blood Glucose, Glucose Tolerance, Serum Insulin and Lipid Profile in a Type 2 Diabetes Model of Rats. *Annals of Nutrition and Metabolism* **61**:57-64.
82. Jacobsen N, Melvaer KL, Hensten-Pettersen A. 1972. Some Properties of Salivary Amylase: A Survey of the Literature and Some Observations. *Journal of Dental Research* **51**:381-388
83. Jenkins DJA, Kendall CWC, Augustin LSA, Mitchell S, Sahye-Pudaruth S, Mejia SB, Chiavaroli L, Mirrahimi A, Ireland C, Bashyam B, et al. 2012. Effect of Legumes as Part of a Low Glycemic Index Diet on Glycemic Control and Cardiovascular Risk Factors in Type 2 Diabetes Mellitus. *Archives of Internal Medicine* **172**:1653-1660.
84. Jonáš J & Kuchař J. 2013. Zdraví v ohrožení, Hořká pravda o sladkém cukru. Eminent.
85. Juanola-Falgarona M, Salas-Salvadó J, Ibarrola-Jurado N, Rabassa-Soler A, Díaz-López A, Guasch-Ferré M, Hernández-Alonso P, Balanza R, Bulló M. 2014. Effect of the glycemic index of the diet on weight loss, modulation of satiety, inflammation, and other metabolic risk factors: a randomized controlled trial. *The American Journal of Clinical Nutrition* **100**:27-35.
86. Karen I & Svačina Š. 2020. Doporučené diagnostické a terapeutické postupy pro všeobecné praktické lékaře Centrum doporučených postupů pro praktické lékaře DIABETES

MELLITUS. Available from <https://www.svl.cz/files/files/Doporucene-postupy/2020/DIABETES-MELLITUS-2020.pdf>

87. Kasper H. 2015. *Výživa v medicíně a dietetika*. 11th ed. Würzburg. Grada Publishing.
88. Kessler II & Clark JP. 1978. Saccharin, cyclamate, and human bladder cancer. No evidence of an association. *JAMA* **240**:349-355.
89. Kim BH & Gadd GM. 2019. *Prokaryotic Metabolism and Physiology* (2nd ed.). Cambridge University Press.
90. Kim Y, Keogh JB, Clifton PM. 2020. Consumption of a Beverage Containing Aspartame and Acesulfame K for Two Weeks Does Not Adversely Influence Glucose Metabolism in Adult Males and Females: A Randomized Crossover Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **17** DOI: 10.3390/ijerph17239049.
91. Knudsen BKE & Hesso I. 1995. Recovery of inulin from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) in the small intestine of man. *British Journal of Nutrition* **74**:101-113.
92. Koutsou GA, Storey DM, Lee A, Zumbé A, Flourie B, leBot Y, Olivier PH. 1996. Dose-related gastrointestinal response to the ingestion of either isomalt, lactitol or maltitol in milk chocolate. *European Journal of Clinical Nutrition* **50**:17-21.
93. Kučera Z. 2017. Náhradní sladidla. Available from <https://www.cukrovka.cz/nahradni-sladidla> (accessed December 2017)
94. Kumar V, Abbas AK, Fausto N, Robbins SL, Cotran RS. 2005. *Robbins and Cotran pathologic basis of disease* 7th ed. Philadelphia. Elsevier Saunders.
95. Kumari A. 2018. Glycolysis. *Sweet Biochemistry*. 1–5. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128144534000017>
96. Kvapil M, Saudek F, Anderlová K, Krollová P, Bertášová D, Suchopár J, Bohnerová B. 2016. Statistika. Available from <https://www.cukrovka.cz/statistika-2> (retrieved April 2022)
97. Laviada-Molina H, Molina-Segui F, Pérez-Gaxiola G, Cuello-García C, Arjona-Villicaña R, Espinosa-Marrón A, Martínez-Portilla RJ. 2020. Effects of nonnutritive sweeteners on body weight and BMI in diverse clinical contexts: Systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews* **21**
98. Lee J, Meyerhardt JA, Giovannucci E, Jeon JY. 2015. Association between Body Mass Index and Prognosis of Colorectal Cancer: A Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies. *PLoS ONE* **10** (e0120706) DOI: 10.1371/journal.pone.0120706
99. Li H, Zheng S, Yang D. 2013. Enhanced Swelling Effect and Viscosity Reduction of Solvent(s)/CO₂/Heavy-Oil Systems. *SPE Journal*. 18:695-707.

100. Li Y, Guo L, He K, Huang C, Tang S. 2021. Consumption of sugar-sweetened beverages and fruit juice and human cancer: A systematic review and dose-response meta-analysis of observational studies. *Journal of Cancer*. Ivyspring International Publisher. **12**:3077-3088.
101. Lim U, Subar AF, Mouw T, Hartge P, Morton LM, Stolzenberg-Solomon R, Campbell D, Hollenbeck AR, Schatzkin A. 2006. Consumption of Aspartame-Containing Beverages and Incidence of Hematopoietic and Brain Malignancies. *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention* **15**:1654-1659.
102. Lindseth GN, Coolahan SE, Petros TV, Lindseth PD. 2014. Neurobehavioral Effects of Aspartame Consumption. *Research in Nursing & Health* **37**:185-193.
103. Lustigová M. 2006. První kostka cukru na světě byla vyrobena v Dačicích. Available from <https://cesky.radio.cz/prvni-kostka-cukru-na-svete-byla-vyroben-a-v-dacicich-8618013> (accessed September 2006)
104. Makarem N, Bandera EV, Lin Y, Jacques PF, Hayes RB, Parekh N. 2018. Consumption of Sugars, Sugary Foods, and Sugary Beverages in Relation to Adiposity-Related Cancer Risk in the Framingham Offspring Cohort (1991–2013). *Cancer Prevention Research* **11**:347-358.
105. Mäkinen KK. 2016. Gastrointestinal Disturbances Associated with the Consumption of Sugar Alcohols with Special Consideration of Xylitol: Scientific Review and Instructions for Dentists and Other Health-Care Professionals. *International Journal of Dentistry* 1–16.
106. Malhotra R, Østbye T, Riley CM, Finkelstein EA. 2013. Young adult weight trajectories through midlife by body mass category. *Obesity* **21**:1923-34.
107. Malik VS, Li Y, Pan A, de Koning L, Schernhammer E, Willett WC, Hu FB. 2019. Long-Term Consumption of Sugar-Sweetened and Artificially Sweetened Beverages and Risk of Mortality in US Adults. *Circulation* **139**:2113–2125.
108. Malik VS, Popkin BM, Bray GA, Després JP, Willett WC, Hu FB. 2010. Sugar-sweetened beverages and risk of metabolic syndrome and type 2 diabetes: A meta-analysis. *Diabetes Care* **33**:2477-2483.
109. Malik VS, Willett WC, Hu FB. 2009. Sugar-sweetened beverages and BMI in children and adolescents: reanalyses of a meta-analysis. *The American Journal of Clinical Nutrition* **89**:438-439.
110. Málková I, Málková Z, Hlinica T. 2017. *Glykemický index*. Available from <https://www.stobklub.cz/clanek/glykemicky-index/>
111. Mandel AL, des Gachons CP, Plank KL, Alarcon S, Breslin PAS. 2010. Individual Differences in AMY1 Gene Copy Number, Salivary α -Amylase Levels, and the Perception of Oral Starch. *PLoS ONE* **5** (e13352) DOI: 10.1371/journal.pone.0013352.

112. Mazariegos GV, Morton DH, Sindhi R, Soltys K, Nayyar N, Bond G, Shellmer D, Shneider B, Vockley J, Strauss KA. 2012. Liver Transplantation for Classical Maple Syrup Urine Disease: Long-Term Follow-Up in 37 Patients and Comparative United Network for Organ Sharing Experience. *The Journal of Pediatrics* **160**:116-121.
113. Mazur RH, Schlatter JM, Goldkamp AH. 1969. Structure-taste relationships of some dipeptides. *Journal of the American Chemical Society*. **91**:2684-2691.
114. Mellado-Mojica E & López MG. 2015. Identification, classification, and discrimination of agave syrups from natural sweeteners by infrared spectroscopy and HPAEC-PAD. *Food Chemistry* **167**:349-357.
115. Mellado-Mojica E, Seeram NP, López MG. 2016. Comparative analysis of maple syrups and natural sweeteners: Carbohydrates composition and classification (differentiation) by HPAEC-PAD and FTIR spectroscopy-chemometrics. *Journal of Food Composition and Analysis* **52**:1–8.
116. Miller PE & Perez V. 2014. Low-calorie sweeteners and body weight and composition: a meta-analysis of randomized controlled trials and prospective cohort studies. *The American Journal of Clinical Nutrition* **100**:765-777.
117. Monro J. 2003. Redefining the Glycemic Index for Dietary Management of Postprandial Glycemia. *The Journal of Nutrition* **133**:4256-4258.
118. Monro JA. 2002. Glycaemic glucose equivalent: combining carbohydrate content, quantity and glycaemic index of foods for precision in glycaemia management. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* **11**:217-225.
119. Mooradian AD. 2019. In search for an alternative to sugar to reduce obesity. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research* **89**:113–117.
120. Muelly ER, Moore GJ, Bunce SC, Mack J, Bigler DC, Morton DH, Strauss KA. 2013. Biochemical correlates of neuropsychiatric illness in maple syrup urine disease. *Journal of Clinical Investigation* **123**:1809-1820.
121. Munro IC, Moodie CA, Krewski D, Grice HC. 1975. A carcinogenicity study of commercial saccharin in the rat. *Toxicology and Applied Pharmacology* **32**:513-526.
122. Nabors LO. 2012. *Alternative sweeteners*. CRC Press.
123. Nagata C, Wada K, Tsuji M, Kawachi T, Nakamura K. 2014. Dietary glycaemic index and glycaemic load in relation to all-cause and cause-specific mortality in a Japanese community: the Takayama study. *British Journal of Nutrition* **112**:2010-2017.
124. Nantha YS. 2014. Addiction to Sugar and Its Link to Health Morbidity. *Journal of Primary Care & Community Health* **5**:263-270.

125. Nelson DL, Cox MM, Lehninger AL. 2013. Lehninger principles of biochemistry. New York. W.H. Freeman and Company.
126. Newbould E, Pinto A, Evans S, Ford S, O'Driscoll M, Ashmore C, Daly A, MacDonald A. 2021. Accidental Consumption of Aspartame in Phenylketonuria: Patient Experiences. *Nutrients* **13**:707.
127. Newton JT, Awojobi O, Nasseripour M, Warburton F, di Giorgio S, Gallagher JE, Banerjee A. 2020. A Systematic Review and Meta-Analysis of the Role of Sugar-Free Chewing Gum in Dental Caries. *JDR Clinical & Translational Research* **5**:214-223.
128. Ngo TD. 2019. Cellulose to Nanocelluloses: Production, Properties and Applications. New York. Nova Science Publishers, Incorporated.
129. Nissensohn M, Lugo DF, Serra-Majem L. 2018. Sugar-sweetened beverage consumption and obesity in children's meta-analyses: reaching wrong answers for right questions. *Nutrición Hospitalaria* **35**:474-488.
130. Oğuz E, Güneş FE, Öğren G. 2018. The Relationship Between Frequency, Duration and Intensity of Migraine Attacks and Nutrition. *Turkiye Klinikleri Journal of Health Sciences* **3**:154-161.
131. Okoma DMJ, Konan KJL, Assa RR. 2020. Vitamin and Osidic Composition of Table Sugars from the Inflorescences Sap of 03 Coconut Cultivars (*Cocos nucifera* L.) in Ivory Coast. *Food and Nutrition Sciences* **11**:1117-1126.
132. Oleson S & Murphy C. 2017. Prediction of Stevia Liking by Sucrose Liking: Effects of Beverage Background. *Chemosensory Perception* **10**:49-59.
133. Oza S, Patel K, Bhosale S, Mitra R, Gupta R, Choudhary D. 2018. To determine the effect of chewing gum containing xylitol and sorbitol on mutans streptococci and Lactobacilli count in saliva, plaque, and gingival health and to compare the efficacy of chewing gums. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry* **8**:354-360.
134. Patel VB 2019. Molecular Nutrition. London. Elsevier Science & Technology.
135. Payne AN, Chassard C, Lacroix C. 2012. Gut microbial adaptation to dietary consumption of fructose, artificial sweeteners and sugar alcohols: implications for host-microbe interactions contributing to obesity. *Obesity Reviews* **13**:799-809.
136. Pepino MY, Tiemann CD, Patterson BW, Wice BM, Klein S. 2013. Sucralose Affects Glycemic and Hormonal Responses to an Oral Glucose Load. *Diabetes Care* **36**:2530-2535.
137. Peters JC, Beck J, Cardel M, Wyatt HR, Foster GD, Pan Z, Wojtanowski AC, Vander Veur SS, Herring SJ, Brill C, Hill JO. 2016. The effects of water and non-nutritive sweetened beverages on weight loss and weight maintenance: A randomized clinical trial. *Obesity* **24**:297-304.

138. Philippou E, McGowan BMC, Brynes AE, Dornhorst A, Leeds AR, Frost GS. 2008. The effect of a 12-week low glycaemic index diet on heart disease risk factors and 24 h glycaemic response in healthy middle-aged volunteers at risk of heart disease: a pilot study. *European Journal of Clinical Nutrition* **62**:145-149.
139. Pollmer U, Grimm HU, Hoicke C. 2009. *Víš, co jíš? Co se skrývá v potravinách*. 1st ed. Fontána.
140. Plows JF, Morton-Jones J, Bridge-Comer PE, Ponnampalam A, Stanley JL, Vickers MH, Reynolds CM. 2020. Consumption of the Artificial Sweetener Acesulfame Potassium throughout Pregnancy Induces Glucose Intolerance and Adipose Tissue Dysfunction in Mice. *The Journal of Nutrition* **150**:1773-1781.
141. Popkin BM & Nielsen SJ. 2003. The Sweetening of the World's Diet. *Obesity Research* **11**:1325-1332.
142. Purohit V & Mishra S. 2018. The truth about artificial sweeteners – Are they good for diabetics? *Indian Heart Journal* **70**:197-199.
143. Qin P, Li Q, Zhao Y, Chen Q, Sun X, Liu Y, Li H, Wang T, Chen X, Zhou Q, et al. 2020. Sugar and artificially sweetened beverages and risk of obesity, type 2 diabetes mellitus, hypertension, and all-cause mortality: a dose–response meta-analysis of prospective cohort studies. *European Journal of Epidemiology* **35**:655-671.
144. Rahman A & Islam S. 2014. Xylitol Improves Pancreatic Islets Morphology to Ameliorate Type 2 Diabetes in Rats: A Dose Response Study. *Journal of Food Science* **79**:H1436-H1442.
145. Renwick AG. 2006. The intake of intense sweeteners – an update review. *Food Additives and Contaminants* **23**:327-338.
146. Reuber MD. 1978. Carcinogenicity of saccharin. *Environmental Health Perspectives* **25**:173-200.
147. Röder PV, Geillinger KE, Zietek TS, Thorens B, Koepsell H, Daniel H. 2014. The Role of SGLT1 and GLUT2 in Intestinal Glucose Transport and Sensing. *PLoS ONE* **9** (e89977) DOI: 10.1371/journal.pone.0089977.
148. Rodwell V, Bender D, Botham K, Kennelly P, Weil PA. 2018. *Harper's Illustrated Biochemistry*. 31st ed. McGraw Hill.
149. Romanos-Nanclares A, Toledo E, Gardeazabal I, Jiménez-Moleón JJ, Martínez-González MA, Gea A. 2019. Sugar-sweetened beverage consumption and incidence of breast cancer: the Seguimiento Universidad de Navarra (SUN) Project. *European Journal of Nutrition* **58**:2875-2886.

150. Romo-Romo A, Aguilar-Salinas CA, Brito-Córdova GX, Gómez-Díaz RA, Almeda-Valdes P. 2018. Sucralose decreases insulin sensitivity in healthy subjects: a randomized controlled trial. *The American Journal of Clinical Nutrition* 108:485-491.
151. Rui L. 2014. Energy Metabolism in the Liver. In: *Comprehensive Physiology* 4:177-197.
152. Runnel R, Mäkinen KK, Honkala S, Olak J, Mäkinen PL, Nömmela R, Vahlberg T, Honkala E, Saag M. 2013. Effect of three-year consumption of erythritol, xylitol and sorbitol candies on various plaque and salivary caries-related variables. *Journal of Dentistry* 41:1236-1244.
153. Sakurai M, Nakamura K, Miura K, Takamura T, Yoshita K, Morikawa Y, Ishizaki M, Kido T, Naruse Y, Suwazono Y, et al. 2012. Dietary glycemic index and risk of type 2 diabetes mellitus in middle-aged Japanese men. *Metabolism* 61:47-55.
154. Sanders LM. 2016. Carbohydrate: Digestion, Absorption and Metabolism. In: *Encyclopedia of Food and Health* 643–650. Elsevier.
155. Sánchez-Lozada LG, Le M, Segal M, Johnson RJ. 2008. How safe is fructose for persons with or without diabetes? *The American Journal of Clinical Nutrition* 88:1189-90.
156. Sanchez-Villegas A, Zazpe I, Santiago S, Perez-Cornago A, Martinez-Gonzalez MA, Lahortiga-Ramos F. 2018. Added sugars and sugar-sweetened beverage consumption, dietary carbohydrate index and depression risk in the Seguimiento Universidad de Navarra (SUN) Project. *British Journal of Nutrition* 119:211-221.
157. Scannapieco FA, Torres G, Levine MJ. 1993. Salivary α -Amylase: Role in Dental Plaque and Caries Formation. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine* 4:301-307.
158. Serrano J, Smith KR, Crouch AL, Sharma V, Yi F, Vargova V, LaMoia TE, Dupont LM, Serna V, Tang F, Gomes-Dias L, Blakeslee JJ, Hatzakis E, Peterson SN, Anderson M, Pratley RE, Kyriazis GA. 2021. High-dose saccharin supplementation does not induce gut microbiota changes or glucose intolerance in healthy humans and mice. *Microbiome* 9:11.
159. Schernhammer ES, Bertrand KA, Birmann BM, Sampson L, Willett WC, Feskanich D. 2012. Consumption of artificial sweetener- and sugar-containing soda and risk of lymphoma and leukemia in men and women. *The American Journal of Clinical Nutrition* 96:1419-1428.
160. Schulze MB, Liu S, Rimm EB, Manson JE, Willett WC, Hu FB. 2004. Glycemic index, glycemic load, and dietary fiber intake and incidence of type 2 diabetes in younger and middle-aged women. *The American Journal of Clinical Nutrition* 80:348-356.
161. Siddeeg A, Zeng XA, Ammar AF, Han Z. 2019. Sugar profile, volatile compounds, composition and antioxidant activity of Sukkari date palm fruit. *Journal of Food Science and Technology* 56:754-762.

162. Siervo M, Montagnese C, Mathers JC, Soroka KR, Stephan BCM, Wells JCK. 2014. Sugar consumption and global prevalence of obesity and hypertension: An ecological analysis. *Public Health Nutrition* **17**:587-596.
163. Simon D, Yen S, Cole P. 1975. Coffee drinking and cancer of the lower urinary tract. *Journal of the National Cancer Institute* **54**:587-91.
164. Simonsohnová B. 2013. Stévie, přírodní alternativa cukru a sladidel. 1st ed. Banská Bistrica. Euromedia Group, k.s.
165. Singh M, Kumar A, Tarannum N. 2013. Water-compatible ‘aspartame’-imprinted polymer grafted on silica surface for selective recognition in aqueous solution. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* **405**:4245-4252.
166. Skurray G. 2007. Decoding Food Additives: A Comprehensive Guide to Food Additive Codes and Food Labelling. Hachette Australia.
167. Soffritti M, Belpoggi F, Esposti DD, Lambertini L, Tibaldi E, Rigano A. 2006. First Experimental Demonstration of the Multipotential Carcinogenic Effects of Aspartame Administered in the Feed to Sprague-Dawley Rats. *Environmental Health Perspectives* **114**:379-385.
168. Sonestedt E, Øverby N, Laaksonen DE, Birgisdottir BE. 2012. Does high sugar consumption exacerbate cardiometabolic risk factors and increase the risk of type 2 diabetes and cardiovascular disease? *Food & Nutrition Research* **56**:19104.
169. Spillane WJ. 2006. Optimising sweet taste in foods. New York. Woodhead Publishing Limited.
170. Sripathi SS. 2020. Carbohydrates in the body and functions. Burlington. Delve Publishing.
171. Strunecká A & Patočka J. 2012. Doba jedová 2. Triton.
172. Suez J, Korem T, Zeevi D, Zilberman-Schapira G, Thaïss CA, Maza O, Israeli D, Zmora N, Gilad S, Weinberger A, et al. 2014. Artificial sweeteners induce glucose intolerance by altering the gut microbiota. *Nature* **514**:181–186.
173. Szablewski L. 2011. Glucose Homeostasis and Insulin Resistance. 1st ed. Hlívce. Bentham Science Publishers.
174. Tahraoui A, El-Hilaly J, Israili ZH, Lyoussi B. 2007. Ethnopharmacological survey of plants used in the traditional treatment of hypertension and diabetes in south-eastern Morocco (Errachidia province). *Journal of Ethnopharmacology* **110**:105-117.
175. Taleb H, Morris RK, Withycombe CE, Maddocks SE, Kanekanian AD. (2016). Date syrup–derived polyphenols attenuate angiogenic responses and exhibits anti-inflammatory

activity mediated by vascular endothelial growth factor and cyclooxygenase-2 expression in endothelial cells. *Nutrition Research* **36**:636-647.

176. te Morenga L, Mallard S, Mann J. 2012. Dietary sugars and body weight: systematic review and meta-analyses of randomised controlled trials and cohort studies. *BMJ*. **346** (e7492) DOI: 10.1136/bmj.e7492.
177. Thomson P, Santibañez R, Aguirre C, Galgani JE, Garrido D. 2019. Short-term impact of sucralose consumption on the metabolic response and gut microbiome of healthy adults. *British Journal of Nutrition* **122**:856-862.
178. Tlaskal P. 2018. Laktózová intolerance. Available from <https://www.vyzivaspol.cz/laktozova-intolerance/> (accessed December 2018, retriever April 2022)
179. Trinidad TP, Mallillin AC, Sagum RS, Encabo RR. 2010. Glycemic index of commonly consumed carbohydrate foods in the Philippines. *Journal of Functional Foods* **2**:271-274.
180. Trinidad TP. 2015. 079: Characterizing coconut sap sugar and syrup as a promising functional food/ingredient. Available from https://bmjopen.bmj.com/content/5/Suppl_1/bmjopen-2015-forum2015abstracts.79
181. Tripathi M, Khanna SK, Das M. 2006. Usage of saccharin in food products and its intake by the population of Lucknow, India. *Food Additives and Contaminants* **23**:1265-1275.
182. Uebanso T, Kano S, Yoshimoto A, Naito C, Shimohata T, Mawatari K, Takahashi A. 2017. Effects of Consuming Xylitol on Gut Microbiota and Lipid Metabolism in Mice. *Nutrients* **9**:756.
183. Uriza RB, Méndez JAA, Cavagnari B, González CC, Tellez RC, Brambila JC, Espinosa-Marrón A, Plascencia JL, Alarcón MGL, García RL, et al. 2020. Non-caloric sweeteners in women of reproductive age – A consensus document. *Nutrición Hospitalaria*. **37**:211-222 Available from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31960692/>
184. Úřad pro publikace Evropské unie, Pravidla EU pro označování medu. Eur-Lex 2001. Směrnice Rady 2001/110/ES ze dne 20. prosince 2001 o medu. Available from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/cs/LSU/?uri=CELEX:32001L0110>.
185. Valenzuela MJ, Waterhouse B, Aggarwal VR, Bloor K, Doran T. 2021. Effect of sugar-sweetened beverages on oral health: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Public Health* **31**:122-129.
186. Vrbová T. 2001. Víme, co jíme? Aneb, Průvodce “Éčky” v potravinách. EcoHouse.
187. Walsh T, Worthington HV, Glenny AM, Marinho VC, Jeroncic A. 2019. Fluoride toothpastes of different concentrations for preventing dental caries. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. **3** DOI: 10.1002/14651858.CD007868.pub3.

188. Walton RG, Hudak R, Green-Waite RJ. 1993. Adverse reactions to aspartame: Double-blind challenge in patients from a vulnerable population. *Biological Psychiatry* **34**:13-17.
189. Wang J, Hu P, Chen Z, Liu Q, Wei C. 2017. Progress in High-Amylose Cereal Crops through Inactivation of Starch Branching Enzymes. *Frontiers in Plant Science*. **8**:469.
190. Wang M, Yu M, Fang L, Hu R. 2015. Association between sugar-sweetened beverages and type 2 diabetes: A meta-analysis. *Journal of Diabetes Investigation* **6**:360-366.
191. WaybackMachine 2020. May 6 Dieta o niskim indeksie glikemicznym – jadłospis na tydzień. Available from <https://web.archive.org/web/20200701101839/https://odchudzona.pl/dieta-o-niskim-indeksie-glikemicznym-jadlospis-na-tydzien/> (retrieved March 2022)
192. Weihrauch MR & Diehl V. 2004. Artificial sweeteners—do they bear a carcinogenic risk? *Annals of Oncology* **15**:1460-1465.
193. WHO 2002. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Geneva. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data. Available from http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42665/WHO_TRS_916.pdf;jsessionid=D AF2B3FBAD38B484753FE275679D1F60?sequence=1
194. Williams CA. 2003. GALACTOSE. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. 2843-2846. doi: 10.1016/B0-12-227055-X/00544-7. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B012227055X005447>
195. Winter R. 2009. *A Consumer's Dictionary of Food Additives, 7th Edition: Descriptions in Plain English of More Than 12,000 Ingredients Both Harmful and Desirable Found in Foods*. New York, United States. Random House USA Inc.
196. Wolever TMS. 2006. *The Glycaemic Index: A Physiological Classification of Dietary Carbohydrate*. Cambridge. CABI Publishing.
197. Wrage J, Burmester S, Kuballa J, Rohn S. 2019. Coconut sugar (*Cocos nucifera* L.): Production process, chemical characterization, and sensory properties. *LWT*. **112**:108227. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.05.125.
198. Wrolstad RE. 2012. *Food Carbohydrate Chemistry*. 1st ed. Oregon. John Wiley & Sons, Incorporated.
199. Yang Q, Zhang Z, Gregg EW, Flanders WD, Merritt R, Hu FB. 2014. Added Sugar Intake and Cardiovascular Diseases Mortality Among US Adults. *JAMA Internal Medicine* **174**:516-524.
200. Yin J, Zhu Y, Malik V, Li X, Peng X, Zhang FF, Shan Z, Liu L. 2021. Intake of Sugar-Sweetened and Low-Calorie Sweetened Beverages and Risk of Cardiovascular Disease: A Meta-Analysis and Systematic Review. *Advances in Nutrition* **12**:89-101.

201. Zabala CCV. 2020. Starch-Based Nanomaterials. Quindio. Springer International Publishing AG.
202. Zhu F. 2017. Structures, properties, and applications of lotus starches. Food Hydrocolloids **63**:332-348.
203. Zoellner JM, Hedrick VE, You W, Chen Y, Davy BM, Porter KJ, Bailey A, Lane H, Alexander R, Estabrooks PA. 2016. Effects of a behavioral and health literacy intervention to reduce sugar-sweetened beverages: A randomized-controlled trial. International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity **13**
204. Zumbé A & Brinkworth RA. 1992. Comparative studies of gastrointestinal tolerance and acceptability of milk chocolate containing either sucrose, isomalt or sorbitol in healthy consumers and Type II diabetics. Zeitschrift Für Ernährungswissenschaft **31**:40-48.

6 Seznam použitých zkratk a symbolů

ABTS	2,2.-azinobis(3-ethyl-2,3-dihydrobenzothiazol-6-sulfonát)
BMI	Body Mass Index
DECODE	Diabetes Epidemiology: Collaborative analysis Of Diagnostic criteria in Europe
DPPH	2,2-difenyl-1-pikryl-hydrazyl
GI	Glykemický index
SGLT1	Sodium/glucose cotransporter 1
SGLT2	Sodium/glucose cotransporter 2
WHO	World Health Organization

7 Seznam obrázků a tabulek

Obrázek č. 1 Glukosa

Obrázek č. 2 Fruktosa

Obrázek č. 3 Galaktosa

Obrázek č. 4 Maltosa

Obrázek č. 5 Laktosa

Obrázek č. 6 Sacharosa

Obrázek č. 7 Amylosa

Obrázek č. 8 Amylopektin

Obrázek č. 9 Trávení sacharidů

Obrázek č. 10 Prostup sacharidů přes střevní stěnu

Obrázek č. 11 Světová spotřeba cukru v milionech tun

Obrázek č. 12 Graf kolísání hladiny cukru v krvi v závislosti na hodnotě IG

Obrázek č. 13 Aspartam

Obrázek č. 14 Acesulfam K

Obrázek č. 15 Cyklamát

Obrázek č. 16 Sacharin

Obrázek č. 17 Sacharin sodný

Obrázek č. 18 Sacharin vápenatý

Obrázek č. 19 Sukralosa

Obrázek č. 20 Rostoucí globální trh s umělými sladidly

Obrázek č. 21 Trh s náhradními sladidly ve vztahu k cukru

Obrázek č. 22 Vývoj nadváhy a obezity u dětí (věkové skupiny 5, 9, 13 a 17 let) mezi lety 1996 až 2016

Obrázek č. 23 Vývoj prevalence diabetes mellitus v ČR na 100 000 obyvatel podle typu v letech 1992-2013

Tabulka č. 1 Hlavní druhy sacharidů v potravinách

Tabulka č. 2 Obsah fruktosy v některých druzích ovoce

Tabulka č. 3 Primární enzymy zapojené do trávení sacharidů

Tabulka č. 4 Glukosové transportéry v lidském těle

Tabulka č. 5 Potraviny s nízkým, středním a vysokým GI