

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chemie



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

Potravinářská sladidla

Bakalářská práce

Leona Beránková

Potraviny a výživa (ATZD)

doc. Ing. Alena Hejtmánková, CSc.

© 2020 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Potravinářská sladidla" 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 neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 17.7.2020

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Aleně Hejtmánkové, CSc. Za ochotný přístup, vstřícnost, za cenné rady a informace.

Potravinářská sladidla

Souhrn

Bakalářská práce se zabývá obecně potravinářskými sladidly jak přírodními, tak i synteticky vyrobenými. Mnoho lidí odsuzuje synteticky vyrobená sladidla, aniž by o nich věděli bližší informace a vyřazují je ze své stravy, a to jen protože si někde přečetli článek z pochybných zdrojů, nebo to od někoho zaslechli. Nepravdivé zprávy o syntetických sladidlech jsou různé, například že syntetická sladidla způsobují rakovinu močového měchýře. Tato zpráva pravděpodobně vznikla na základě testování syntetického sladidla sacharinu na potkanech, protože byla potkanům podávána větší koncentrace sacharinu, projevila se u nich rakovina močového měchýře. Bohužel už nebylo uvedeno, že se tato nemoc projevila u potkanů ACI, kteří často trpí parazity *Trichosomides crassaicanda* v močovém měchýři. Podobné studie byly prováděny i s ostatními syntetickými sladidly. Syntetická sladidla, jak intenzivní, tak objemová, mohou mít naopak pozitivní účinek při požití. V porovnání s přírodními sladidly nezpůsobují kažení chrupu. Syntetická sladidla nevedou též k obezitě, jelikož nejsou v těle ukládána a metabolizována. Nepodporují vznik Diabetu mellitus typu I. ani Diabetu mellitus typu II. Nejčastější používaná sladidla syntetická sladidla jsou aspartam, acesulfam K, cyklamáty a sacharin.

Přírodní sladidla jsou v lidském těle ukládána a následně metabolizována, například glukóza se v lidském těle ukládá jako glykogen a následně je reakcí s kyslíkem metabolizována při aerobním dýchání za vzniku energie, oxidu uhličitého a vody. Negativní vliv na zdraví mají hlavně sladidla, která obsahují velké množství jednoduchých cukrů, které mají vysoký glykemický index (GI), což má za následek zvýšení hladiny glukózy v krvi a následně vznik nemoci Diabetes mellitus. Proto je vhodné konzumovat sladidla, která obsahují polysacharidy (vláknina, škrob) a mají nízký glykemický index. Tato sladidla se nacházejí v ovoci, zelenině, luštěninách a obilovinách. Mezi hodnotné přírodní sladidlo je řazen med, jelikož obsahuje aminokyseliny (prolin, arginin, α -alanin, γ -aminobutyrovou kyselinu, glycin, threonin, prolin, tyrosin, valin, methionin, cystein, izoleucin, glutamovou a asparagovou kyselinu, glutamin, histidin, leucin, tryptofan, fenylalanin, ornitin, lysin, serin a asparagin), enzymy, vitamíny B komplexu, proteiny, minerální látky (draslík, hořčík, vápník, železo, fosfor, sodík, mangan, jód, zinek, lithium, kobalt, nikl, kadmium, měď, baryum, chrom, selen, arsen, stříbro) a hormony. V medu je důležitý poměr glukózy a fruktózy, jelikož glukóza má vysoký GI (GI = 100) a fruktóza nízký (GI = 30). Podle tohoto poměru má med vliv na hladinu glukózy v krvi. Med s větším poměrem fruktózy lze v omezeném množství podávat rovněž lidem trpícím nemocí Diabetes mellitus. Oproti medu řepný cukr neboli sacharóza má naopak vyšší glykemický index (GI = 68), a proto není vhodný pro diabetiky. Nejčastější používaná sladidla přírodní používaná sladidla v dnešní době je sacharóza, med, fruktóza, javorový sirup a kukuřičný sirup.

Klíčová slova: cukry, přírodní sladidla, syntetická sladidla, zdroje přírodních sladidel, výživa

Food sweeteners

Summary

This bachelor's thesis deals with food sweeteners in general, both natural and synthetically produced. Many people condemn synthetically produced sweeteners without any factual knowledge and exclude them from their diet simply on the basis of an article from dubious sources or information learned from an acquaintance. False reports of harmful effects of synthetic sweeteners contain diverse conclusions, e.g. claims that synthetic sweeteners may cause bladder cancer. This information probably originated from testing saccharin, a synthetic sweetener, on rats. Concentrated doses of saccharin were administered to rats, which subsequently developed bladder cancer. However, it was unfortunately not reported that the disease manifested itself in ACI rats, which often suffer from bladder parasites such as *Trichosomides crassaicanda*. Similar studies have been performed with other synthetic sweeteners. Contrary to the common belief, synthetic sweeteners, both intense and bulk, may have a rather positive effect, if ingested. Compared to natural sweeteners, they do not cause tooth decay. Synthetic sweeteners also do not lead to obesity as they are not stored and metabolized in the body. They do not lead to the development of Type I diabetes mellitus or Type II diabetes mellitus. The most commonly used sweeteners are the following synthetic sweeteners: aspartame, acesulfame K, cyclamates and saccharin.

Natural sweeteners are stored in the human body and subsequently metabolized, e.g. glucose is stored in the human body as glycogen and subsequently metabolized via a chemical reaction with oxygen during aerobic respiration resulting in the production of energy, carbon dioxide and water. Sweeteners that have negative health effects are primarily those containing a large amount of simple sugars, having a high glycemic index (GI), which cause increased blood glucose levels and the subsequent development of Diabetes mellitus. Therefore, it is advisable to consume sweeteners that contain polysaccharides (fiber, starch) and have a low glycemic index. These sweeteners can be found in fruits, vegetables, legumes and cereals. Honey is considered a valuable natural sweetener because it contains amino acids (proline, arginine, α -alanine, γ -aminobutyric acid, glycine, threonine, proline, tyrosine, valine, methionine, cysteine, isoleucine, glutamic and aspartic acid, glutamine, histidine, leucine, tryptophan, phenylalanine, ornithine, lysine, serine and asparagine), enzymes, B complex vitamins, proteins, minerals (potassium, magnesium, calcium, iron, phosphorus, sodium, manganese, iodine, zinc, lithium, cobalt, nickel, cadmium, copper, barium, chromium, selenium, arsenic, silver) and hormones. In honey, the ratio of glucose to fructose is important, as glucose has a high GI (GI = 100) but fructose has a low GI (GI = 30). Honey affects the blood levels of glucose according to this ratio. Honey with the suitable ratio of glucose and fructose can also be consumed in limited doses by people suffering from Diabetes mellitus. In contrast to honey, beet sugar or sucrose, on the other hand, have a higher glycemic index (GI = 68) and are therefore not suitable for diabetics. The most commonly used sweeteners nowadays are sucrose, honey, fructose, maple syrup and corn syrup.

Keywords: sugars, natural sweeteners, synthetic sweeteners, sources of natural sweeteners, nutrition

Obsah

1	ÚVOD	7
2	CÍL PRÁCE	9
3	PŘÍRODNÍ SLADIDLA	10
3.1	CUKR - SACHARÓZA	10
3.2	MED	10
3.3	FRUKTÓZA.....	12
3.4	JAVOROVÝ SIRUP	13
3.5	KUKUŘIČNÝ SIRUP	14
3.6	TREHALÓZA.....	15
3.7	DATLOVÝ SIRUP.....	16
4	NÁHRADNÍ SLADIDLA	17
4.1	NÍZKOKALORICKÁ SLADIDLA.....	17
4.1.1	Aspartam.....	17
4.1.2	Sacharin	18
4.1.3	Thaumatococcus	19
4.1.4	Acesulfam K	20
4.1.5	Cyklamáty.....	21
4.1.6	Sukralóza	22
4.1.7	Neotam.....	23
4.1.8	Neohesperidin dihydrochalcon	23
4.1.9	Alitam	24
4.1.10	Tagatóza.....	25
4.1.11	Stévie	27
4.2	OBJEMOVÁ SLADIDLA	29
4.2.1	Sorbitol	29
4.2.2	Mannitol.....	30
4.2.3	Isomalt	31
4.2.4	Laktitol.....	32
4.2.5	Erythritol.....	34
4.2.6	Xylitol.....	35
5	DIABETES MELLITUS	37
6	ZÁVĚR	39
7	LITERATURA	40
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	47

1 Úvod

Sladidla jsou látky, které každému člověku sladce zpříjemní chuť na jazyku. Člověk získává preference na sladkou chuť už jako novorozenec (Weihrauch & Diehl 2004). Se sladidly se lze setkat denně prakticky kdekoliv. V přírodě se nacházejí v ovoci nebo zelenině, nejvíce jsou zastoupeny fruktóza (ovocný cukr), glukóza a sacharóza, ale jsou přítomny i v ostatních potravinách. Například první používané přírodní sladidlo, které bylo známo už v době starověkého Řecka a Číny je med obsahující především monosacharidy fruktózu a glukózu a disacharid sacharózu. Bohužel není zdravé konzumovat stále tato sladidla, jelikož to vede ke kažení chrupu, obezitě a v nejhorším případě i k vážné nemoci diabetu mellitus II, proto byly hledány náhrady těchto sladidel. Nejprve se používala rostlinná sladidla, jejich počet se odhaduje přes 500 (Ruiz-Ruiz et al. 2017). Mimo to se začala používat syntetická sladidla. Ta se dělí na nízkokalorická a objemová. Nízkokalorická sladidla se používají v malém množství a v porovnání s objemovými sladidly nemají vliv na hladinu cukru v krvi. Objemová sladidla, jak už název napovídá, se používají ve větším množství. Zákony České republiky určují, jaká sladidla se mohou v České republice používat, v jakém množství a do jakých druhů produktů.

Právní rámec zní:

- i. NAŘÍZENÍ (ES) Č. 1333/2008 ze dne 16. prosince 2008 o potravinářských přídatných látkách (dále jen „nařízení (ES) č. 1333/2008“)
- ii. NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) č. 1169/2011 ze dne 25. října 2011, o poskytování informací o potravinách spotřebitelům, o změně nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006 a (ES) č. 1925/2006 a o zrušení směrnice Komise 87/250/EHS, směrnice Rady 90/496/EHS, směrnice Komise 1999/10/ES, směrnice Evropského parlamentu Rady 2000/13/ES, směrnic Komise 2002/67/ES a 2008/5/ES a nařízení Komise (ES) č. 608/2004 (dále jen „nařízení (EU) č. 1169/2011“)
- iii. Vyhláška č. 76/2003 Sb., ze dne 6. března 2003, kterou se stanoví požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kakaa s cukrem, čokoládu a čokoládové bonbony (dále jen „vyhláška č. 76/2003 Sb.“)
- iv. Zákon č. 110/1997 Sb., ze dne 24. dubna 1997, o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „zákon č. 110/1997 Sb.“)
- v. SMĚRNICE RADY 2001/111/ES, ze dne 20. prosince 2001, o některých druzích cukru určených k lidské spotřebě (dále jen „směrnice č. 2001/111/ES“)
- vi. NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 231/2012 ze dne 9. března 2012, kterým se stanoví specifikace pro potravinářské přídatné látky uvedené v přílohách II a III nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008, (dále jen „nařízení (EU) č. 231/2012“)
- vii. Vyhláška č. 417/2016 Sb. ze dne 13. prosince 2016, o některých způsobech označování potravin (dále jen „vyhláška č. 417/2016 Sb.“) (Státní zemědělská a potravinářská inspekce 2020).

Denní přijatelné množství jednotlivých sladidel v mg na kg živé hmotnosti je udáno hodnotou ADI (acceptable daily intake) (Čopíková 2013).

Podle studie Gardenera a Elkinda (2019) nízkokalorická sladidla způsobují lidem

kardiovaskulární onemocnění až ve středním a pozdějším věku. Byla provedena studie, kde byly testovány ženy a bylo jim podáváno průměrně 24 uncí nízkokalorického sladidla za den. Při výsledcích bylo zvýšené riziko ischemické mrtvice, ischemické choroby srdeční. Jiné studie ukázaly, že spotřeba nízkokalorických sladidel způsobuje zvýšený výskyt mrtvice více u obézních lidí než u těch, co mají normální tělesnou váhu. Je několik hypotéz a je třeba provádět opakované studie, zdali je tomu opravdu tak.

V poslední době velmi vzrostla spotřeba cukru a alternativních nízkenergetických nebo neenergetických sladidel, a proto byly prováděny studie na těhotných ženách, zdali cukr nebo alternativní sladidla mají vliv na dlouhodobé zdraví potomka. Při této studii byly shromážděny důkazy, že konzumace cukru a alternativních sladidel ovlivňuje vývoj dítěte. Konzumace cukru během těhotenství může přispět ke zvýšení gestačního přírůstku na váze, vývojových komplikacích, včetně gestačního diabetu a předčasného porodu. Méně studií bylo prováděno u těhotných žen, které konzumovaly alternativní sladidla. Ta mohou ovlivnit předčasný porod, zvýšené váhy novorozence a preference potomků sladkých potravin. Není vhodné při těhotenství nadměrně konzumovat cukr a alternativní sladidla (Goran et al. 2018).

2 Cíl práce

Cílem práce je komplexní rešerše o povolených a používaných potravinářských sladidlech, pravidlech jejich použití, jejich významu ve výživě včetně jejich negativních účinků na lidský organismus, stanovených množstvích, které mohou být přítomny ve finálním potravinářském výrobku a metodách jejich detekce.

3 Přírodní sladidla

3.1 Cukr-sacharóza

Cukr neboli sacharóza se skládá ze dvou monosacharidů β -D-fruktofuranózy a 1- α -D-glukopyranózy. Cukr vyvinuli ve středověku muslimové (Eggleston 2019). Vyhláška č. 76/2003 Sb. definuje cukr jako vyčištěnou krystalizovanou sacharózu upravenou zejména do krystalů, moučky, kostek, homolí, popřípadě doplněnou přídatnými látkami, látkami určenými k aromatizaci nebo kořením. Sacharóza se běžně v přírodě nachází nejvíce v cukrové řepě, cukrové třtině a cukrové kukuřici. V České republice se cukr vyrábí především z vypěstované cukrové řepy (Lunn 2016).

Energetický příjem odpovídající 1 g sacharózy je vysoký, a to 16,7 kJ, proto je v dnešní době nahrazována synteticky vyrobenými sladidly. Kromě vysokého příjmu energie je sacharóza kariogenní, tzn. že po delší konzumaci je schopna způsobit zubní kaz. Největší zásluhu na tom mají kariogenní organismy *Lactobacillus spp.* a *Streptococcus*. Ty se přirozeně vyskytují v ústech a mají schopnost se přichytit na sklovinu zubu a následně tvoří povlak. Jakmile není dostatečně provedená zubní hygiena, mikroorganismy produkují organické kyseliny, které při fermentaci sacharidů způsobují pokles pH v ústech pod hodnotu 5,7. Následně dochází k odvápnění a narušení zubní skloviny a vzniká zubní kaz. Dále sacharóza zvyšuje hladinu glukózy v krvi, proto lidé trpící nemocí diabetes mellitus toto sladidlo nesmí. Má však i další nežádoucí účinky. Způsobuje akné, kardiovaskulární onemocnění např. hypertenzi, gastrointestinální poruchy, a to bolesti břicha, poruchy trávení, nadýmání, se sacharózou je spojováno dokonce i riziko vzniku Crohnovy nemoci. Při nadměrném příjmu sacharózy může být vyvolán karcinom pankreatu indukci časné postprandiální hyperglykemie, zvýšením poptávky na inzulin a snížením citlivosti k inzulinu. (Lunn 2016).

3.2 Med

Med je definován jako přírodní sladká látka, produkt včely medonosné, z nektaru rostlin nebo ze sekrecí živé části rostlin (Codex Alimentarius Commission, 2001). Vyhláškou č. 76/2003 Sb. je med definován jako potravina přírodního sacharidového charakteru, složená převážně z glukózy, fruktózy, organických kyselin, enzymů a pevných částic zachycených při sběru sladkých šťáv květů rostlin (nektaru), výměšků na povrchu rostlin (medovice), nebo na živých částech rostlin včelami (*Apis mellifera*), které sbírají, přetvářejí, kombinují se svými specifickými látkami, uskladňují a nechávají dehydratovat a zrát v plástech. Je to první a v té době jediné sladidlo, které bylo dostupné už v době kamenné (Bogdanov et al. 2008). Starověké kultury, jako byli Egypťané, Římané, Řekové, si obalovaly semínka, oříšky nebo ovoce v medu a tím si vytvářely první cukrovinky (González-Montemayor et al 2019).

Med obsahuje okolo 200 látek, z nichž nejvíce jsou zastoupeny sacharidy, z toho monosacharidy tvoří asi 75 % cukrů, disacharidy 10 – 15 % a ostatní cukry jsou zastoupeny v malém množství. Zodpovědnost za jeho viskozitu a energetickou hodnotu mají cukry. Druhá menší část medu zahrnuje aminokyseliny, enzymy, vitamíny, proteiny, minerální látky, hormony, fenolové sloučeniny, éterické oleje, fosfolipidy a pigmenty. Složky medu jsou získány ze včel,

některé z rostlin a další vznikají biochemickými reakcemi během zrání (Montemayor et al 2019). Složení medu je závislé především na botanickém původu, hlavně na druhu květiny, ze které sbírá včela pyl, dále na zeměpisném původu rostlin, což je ovlivněno podnebím, zpracováním a skladováním. Mezi další významné faktory ovlivňující kvalitu medu patří koncentrace fruktózy a glukózy, a to i vzájemný poměr mezi nimi. Fruktóza a glukóza jsou užitečnými ukazateli pro klasifikaci monoflorálních medů. Téměř ve všech typech medu je více fruktózy než glukózy, ale výjimkou jsou řepkový a pampeliškový med, proto tyto medy podléhají rychlé krystalizaci. Vedle monosacharidů glukózy a fruktózy, jsou v medu přítomny disacharidy sacharóza, maltóza, turanóza, isomaltóza, maltulóza, trehalóza, nigeróza, kojibióza a trisacharidy maltotrióza a melezitóza. Disacharidy a trisacharidy, jako je sacharóza a maltotrióza, jsou enzymaticky hydrolyzovány na monosacharidy. Sacharóza se sestává z jedné molekuly fruktózy spojené s glukózou prostřednictvím vazby α -1-4. Je hydrolyzována enzymovou invertázou, čímž je získávána ekvimolární směs hexóz. Maltotrióza se skládá ze tří jednotek glukózy, ve kterých se uplatňují α -1,4 glykosidické vazby, které jsou hydrolyzovány enzymy na maltózu. Maltóza je také dále hydrolyzována enzymem α -glukosidázou, což vede ke vzniku dvou molekul glukózy (Da Silva et al 2015). Při dlouhém skladování nebo zahříváním medu se pentózy a hexózy rozkládají, při rychlé β -eliminaci tří molekul vody a pomalé enolizaci, za vzniku nežádoucích sloučenin furanů. Nejvíce zastoupen je furfural, který je odvozen z pentóz a 5-hydroxymethylfurfural (5-HMF) odvozený z hexóz, jakými jsou glukóza a fruktóza. To jsou dva hlavní degradační produkty, které jsou spojeny s neenzymatickým hnědnutím (Maillardovou reakcí), karamelizací a degradací cukru v kyselém prostředí (Da Silva et al 2016).

Obsah bílkovin v medu je odlišený podle druhu včel. Med *Apis mellifera* obsahuje 0,2 % až 1,6 % bílkovin, zatímco med *Apis cerana* obsahuje 0,1 – 3,3 % bílkovin. Hlavním zdrojem proteinů je pyl, ačkoliv jsou přisuzovány i živočišným zdrojům. Nejvíce zastoupenou aminokyselinou v medu a v pylu je prolin, dále med obsahuje arginin, α -alanin, γ -aminobutyrovou kyselinu, glycin, threonin, prolin, tyrosin, valin, methionin, cystein, isoleucin, glutamovou a asparagovou kyselinu, glutamin, histidin, leucin, tryptofan, fenylalanin, ornitin, lysin, serin asparagin (Kečkeš et al. 2013). Prolin pochází ze slinných žláz včel při přeměně nektaru na med a jeho zastoupení mezi aminokyselinami je nejvyšší a dosahuje 50–80 %. Prolin je využíván jako indikátor pro hodnocení zrání medu a někdy i falšování medu cukrem. Minimální obsah prolinu v 1 kg medu by měl být 180 mg (Hermosín et al. 2003). V medu se nachází enzymy invertáza, β -glukosidáza, kyselá fosfatáza, kataláza, diastáza, a glukooxidáza (Da Silva et al 2016).

Med kromě proteinů obsahuje i vitamíny, a to vitamíny skupiny B, které se nacházejí v pylových zrnech v suspenzi. Vitamíny vyskytující se v medu jsou thiamin (B1), riboflavin (B2), kyselina nikotinová (B3), kyselina pantothenová (B5), pyridoxin (B6), biotin (B8 nebo H) a listová kyselina (B9) a vitamin C, který se nachází ve všech druzích medů a má antioxidační účinky. Vitamin C je velmi citlivý na enzymatickou a chemickou oxidaci, kterou vyvolává např. světlo, teplo nebo kyslík. Vitamíny přetrvávají v medu díky nízkému pH (Da Silva et al 2016).

V medu jsou detekovány minerální látky, a to jako makro i mikroelementy. Mezi ně patří draslík, hořčík, vápník, železo, fosfor, sodík, mangan, jód, zinek, lithium, kobalt, nikl, kadmium, měď, baryum, chrom, selen, arsen a stříbro. Jejich obsah v medu se pohybuje od 0,04 % v světlých medech do 0,2 % v tmavých medech (Da Silva et al 2016).

Jako hlavní funkční složka medu jsou flavonoidy. Ty přispívají k celkové antioxidační aktivitě medu. Antioxidační aktivita flavonoidů je závislá na počtu a poloze hydroxylových skupin

a dalších substituentů a glykosylaci molekul flavonoidů. Antioxidační aktivitu zvyšuje přítomnost hydroxylových skupin ve flavonoidových kruzích (Alvarez-Suarez et al. 2012).

V několika studiích bylo potvrzeno, že med má protizánětlivé, antibakteriální, antivirové, antioxidační a protivředové, antihyperlipidemické, protirakovinotvorné a antidiabetické vlastnosti. Posiluje imunitní systém a podílí se na procesech hojení ran (Oryan et al. 2016). V dnešní době je o med díky těmto vlastnostem větší zájem. Účinky medu jsou ovlivněny povětrnostními podmínkami, strukturou kvetoucího květu a zastoupením rostlin na pastvině.

Med je díky sacharidům hojně začleňován do lidské výživy, protože má vliv na hladinu glukózy v krvi, která se uvádí v hladinách glykemického indexu (GI). Potraviny, které mají vysoký GI vykazují vysokou hladinu glukózy v krvi, zatímco potraviny s minimální GI snižují hladinu glukózy v krvi. Med má nízký GI, a proto toto přírodní sladidlo mohou konzumovat i pacienti s diabetickými potížemi. Další důležitou funkcí medu je zlepšení reprodukčního systému, který udržuje hladinu testosteronu, plodnost a počet spermií. Některé enzymy mají na starost činnost antimikrobiální aktivity, flavonoidy pomáhají zmírnit oxidační stres, což je nerovnováha antioxidačního systému, která může způsobit chemická onemocnění. Antioxidační aktivita medu je využívána jako prevence před vznikem rakoviny, podle několika studií byl med hodnocen jako protinádorový (González-Montemayor et al 2019).

Bylo zjištěno, že med má inhibiční účinky a je schopen inhibovat až 60 druhů gram-pozitivních a gram negativních bakterií. Dále bylo prokázáno, že med *Tetragonisca angustula* má antimikrobiální účinky proti bakteriálním kmenům *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus faecali*, *Bacillus cereus* a *Staphylococcus* (Sgariglia et al. 2010). V jiných studiích se uvádí, že med zvyšuje počet bakterií kmene *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophiles*, *Lactobacillus delbrukei subsp, bulgaricus*, *Bifidobacterium bifidum*, což napomáhá střevní mikrobiotě, která má důležitou funkci pro orgány jako je mozek nebo játra (Erejuwa et al. 2012).

3.3 Fruktóza

V 60. letech 20. století začali němečtí, finští a francouzští výrobci vyvážet fruktózu. Principem výroby fruktózy byla hydrolýza sacharózy, přičemž se uvolňovala glukóza (dextróza) a fruktóza, poté byly cukry odděleny iontoměničovou chromatografií a fruktóza byla izolovaná pečlivě hlídána. Nejprve byly k výrobě fruktózy použity hlízovité rostliny, postupem času byly zaměněny za kukuřici (Nabors 2001).

Odlišností fruktózy v porovnání s ostatními výživnými sacharidy je její vysoká sladkost. Hodnota sladivosti v porovnání se sacharózou je 1,8x vyšší u krystalické fruktózy a 1,2x vyšší u tekuté fruktózy. V krystalické fruktóze se nachází nejsladší anhydrid β -d-fruktopyranóza. Fruktóza po rozpuštění ve vodě podléhá mutarotaci a vytváří tři další tautomery, které však mají menší sladivost (Nabors 2001).

Fruktóza vykazuje synergii sladkosti při použití v kombinaci s jinými kalorickými nebo vysoce intenzivními sladidly. Relativní sladkost fruktózy smíchané se sacharózou, aspartamem, sacharinem nebo sukralózou je vnímána jako větší než samotné složky (Hannou et al. 2018).

Hygroskopičnost fruktózy je rychlá, fruktóza je pomaleji uvolňována do životního prostředí než glukóza, sacharóza nebo jiná výživná sladidla. Fruktóza absorbuje vlhkost už při

55 % relativní vlhkosti vzduchu a sacharóza neabsorbuje vlhkost, nepřekročí-li relativní vlhkost vzduchu 65 %. Fruktóza je užitečná při udržování vlhkosti produktu při nízké relativní vlhkosti, zpomalení rekrystalizace sladidla v pevných látkách s vysokým obsahem sladidla, oddálení nebo zastavení výroby produktu, zlepšení stravovacích vlastností produktu a prodloužení doby použitelnosti produktu (Nabors 2001).

Fruktóza se v potravinách nachází vázaná kovalentní vazbou na glukózu v sacharóze, nebo jako volný monosacharid. Ve formě volného monosacharidu se může vyskytovat v medu, kukuřičném sirupu s vysokým obsahem fruktózy, a dietních plodech a bobulích. Požitá sacharóza je hydrolyzována na fruktózu a glukózu pomocí enzymu sacharázy spojené s hranicí štětce epitelu střeva. Výsledné monosacharidy jsou okamžitě transportovány skrz hraniční membránu kartáče transportním systémem souvisejícím s disacharidázou, aniž by byly uvolněny do lumenu. Volně vázaná glukóza je transportována přes hraniční membránu kartáče jedním nebo více specifickými nosičovými systémy. Obecně se předpokládá, že fruktóza je absorbována přes střevní sliznici lidí pomocí usnadněné difúze (Riby et al. 1993).

Všechna fruktóza je absorbována a transportována střevními buňkami do jaterní portální žíly. Jaterní enzymy deponují cukr do jater a minimální koncentraci zanechávají v krevních cévách. Důležité je, že vstup do jaterních buněk a následná fosforylace fruktokinázou nezávisí na inzulinu. Po štěpení jaterní aldolázou mohou být výsledné triózy použity pro glukoneogenezi a glykogenezi nebo pro syntézu triglyceridů, případně mohou vstoupit do glykolytické dráhy. Osud těchto trióz závisí na metabolickém stavu jedince (Mayes 1993).

3.4 Javorový sirup

Javorový sirup je získáván z nejdůležitějších dřevin Severní Ameriky, a to ze stromu *Acer spp.* Javorový sirup je nyní hodně oblíbené komerční sladidlo. Sirup je vyrobený z koncentrované xylémové mízy získané z některých druhů javorů (Sun et al. 2016).

Hlavní biologickou složkou javorového sirupu jsou fenoly. Fenolické složky vykazují antiproliferativní účinky na buňkách nádorů plic, prsu, tlustého střeva a konečníku (González-Hernández et al. 2012). Fenoly také inhibují aktivitu α -glukosidázy, což vede k závěru, že by mohla být omezena absorpce glukózy střevem po požití sladidla. Sirup vykazuje vlastnosti protirakovinné, protizánětlivé, antineurodegenerativní, antimutagenní a antioxidační. Javorový sirup se konzumuje jako funkční potravina (Sun et al. 2016). Několik studií provedených na zvířatech naznačilo, že sirup může mít ochranné účinky a schopnost snižovat hladinu glukózy v krvi ve srovnání se sacharózou. Javorová míza obsahuje abscisovou kyselinu (ABA), která byla navržena jako potencionální antidiabetická molekula, dále thiazolidindiony s podobnou strukturou, jakou má antidiabetická molekula a fytohormon, který se podílí na růstu rostlin, vývoji a stresových reakcích. Javorová míza obsahuje prebiotikum arabinogalakton, které podporuje růst probiotik. V javorovém sirupu byly nalezeny fruktooligosacharidy inulinového typu, které působí pozitivně v gastrointestinálním traktu, hlavně v tlustém střevě, v němž podporují růst mikroorganismů kmene *Bifidobacterium*. Kromě toho inulin má vliv i na hladinu triglyceridů v séru (González-Montemayor et al. 2019).

Většinu jednoduchých sacharidů v javorovém sirupu tvoří sacharóza, někdy je však její obsah pod mezí detekce. Koncentrace glukózy v surové míze je pouze 0,004 %. Dále je přítomna

celulóza, která je hlavní strukturální složkou rostlin, skládá se z molekul glukózy, které jsou spojeny β -glykosidickou vazbou. Sacharóza musí být v míze rozštěpena na monosacharidy, aby mohla být vytvořena celulóza. Javorová šťáva je mírně kyselá díky přítomnosti několika organických kyselin, ato šťavelové, jantarové, fumarové, jablečné, vinné, citronové a akonitové (1-propen-1,2,3-trikarboxylová). Celkové množství kyselin v míze je na počátku vegetačního období nízké, cca 8 mg.kg^{-1} , a poté se v průběhu sezóny zvyšuje minimálně na 45 mg.kg^{-1} . Většina mízy má pH v rozmezí 3,9 – 7,9. Aminokyseliny nalezené v míze zahrnují glycin, alanin, asparagin, threonin, leucin, isoleucin, valin a methionin. Množství a typy aminokyselin se v průběhu času mění, přičemž největší množství aminokyselin je přítomno na konci vegetačního období. Javorový sirup také obsahuje minerální látky, avšak pouze v nízkých koncentracích. Dvě nejběžnější minerální látky v míze jsou draslík a vápník, které se nacházejí v koncentracích $26\text{--}75 \text{ mg.kg}^{-1}$, respektive $8\text{--}56 \text{ mg.kg}^{-1}$. Míza také obsahuje stopové množství ($<10 \text{ mg.kg}^{-1}$) hořčíku, manganu, sodíku, fosforu, zinku a mědi. Protože jsou tyto minerální látky netěkavé, koncentrují se v sirupu při zpracování mízy na javorový sirup. To může někdy působit problémy, protože minerální soli organických kyselin přítomných v míze nemusí být rozpustné v hotovém sirupu, což vede k jejich vysrážení (Ball 2007).

Míza je získávána z javorů v jarních měsících, kdy vytéká, z kohoutků vytvořených vrtáním v kmeni stromu, v důsledku osmotických a fyzikálních sil. Sklizeň trvá zhruba od února do dubna, někdy i o 4–6 týdnů déle. Je získávána bezbarvá míza, která obsahuje 97–98 % vody, ale požadovaný koncentrát má mít 66–67 °Brix (měřítko, které vyjadřuje gramy sacharózy na 100 g roztoku). Je však nutné znát koncentrační proces, aby bylo zajištěné, že se sacharóza nevysráží ze sirupu a nedojde k množení mikroorganismů. Koncentrační proces je možné provádět dvěma různými způsoby, a to odpařováním v důsledku zahřívání nebo reverzní osmózou a následným zahříváním. Javorovou mízu lze chápat jako 2 % vodný roztok sacharózy, z níž lze pomocí nuceného transportu mízy přes membránu v procesu reverzní osmózy získat roztok až do koncentrace 34 °Brix. Při tomto procesu je odstraněno 75 % vody a zbývající voda je odpařena. Zajímavé je, že prekoncentrace snižuje spotřebu energie a času a zároveň není porušena kvalita mízy. Stejný proces se týká i javorového sirupu, který se rovněž koncentruje odpařováním. Výsledným produktem je tmavý hnědý sirup, který obsahuje koncentrované sacharidy, a o kterém je známo, že v průběhu skladování dochází k jeho ztmavnutí. Na výrobu 1 litru sirupu je odhadem třeba 40 litrů javorové mízy (González-Montemayor et al. 2019).

3.5 Kukuřičný sirup

Kukuřičný sirup s vysokým obsahem fruktózy (HFCS) je alternativou tekutého sladidla k sacharóze (stolní cukr). Jeho prvotní výroba byla uskutečněna v 50. až 60. letech 20. století, přičemž v 60. letech už byl produkt dodáván do potravinářského průmyslu. Během dalších 35 let rostl zájem o HFCS a tento produkt se stal jednou z nejúspěšnějších složek moderních potravin (White 2008).

Kukuřičný sirup je složen ze dvou monosacharidů glukózy a fruktózy, které jsou ve volném nezávazném poměru. Výroba HFCS se uskutečňuje enzymatickou hydrolyzou kukuřičného škrobu, který se skládá z amylózy a amylopektinu, a který je transformován na kukuřičný sirup. Ten obsahuje většinou glukózu, ale následnou izomerací glukózy dochází k její přeměně na

fruktózu. Vlhkost v sirupu je určena a má se pohybovat mezi 23 až 29 %. Metabolismus kukuřičného sirupu se neliší od metabolismu sladidel jako je glukóza nebo fruktóza. Kukuřičný sirup obsahuje též niacin, pantothenovou a listovou kyselinu, riboflavin, vitamín C, draslík, sodík, zinek, vápník, železo, hořčík a fosfor (González-Montemayor et al. 2019).

Kukuřičný sirup má 3 formy, a to HFCS-90, který obsahuje 90 % fruktózy a zbytek tvoří glukóza, dále HFCS-55, tento typ obsahuje 55 % fruktózy a HFCS-42 s 42 % fruktózy (González-Montemayor et al. 2019). Sladivost kukuřičného sirupu (HFCS-42) je stejná jako sladivost sacharózy (Čopíková 2013) a má kalorickou hodnotu 3,6 kcal.g⁻¹. Toto tekuté sladidlo je velmi kvalitní, protože je výborně rozpustné a nekystalizuje (González-Montemayor et al. 2019).

3.6 Trehalóza

Trehalóza je disacharid, který se v přírodě vyskytuje hojně (O'Donnell & Kearsley 2012). Trehalóza byla poprvé izolována v roce 1832. Název vznikl o několik let později, když byl extrahovaný stejný disacharid jako trehalóza z kokonovité sekrece brouka žijícího v irácké poušti. Kokon je pojmenován trehala manna. Trehala manna je lepkavá hmota a ze 30–45 % suché hmotnosti je tvořena disacharidem trehalózou.

Trehalóza se vyskytuje v hmyzu a bezobratlých, jako jsou krabi, krevety a humři, dále medu, vlně a pečivu. Trehalóza může být izolována rovněž z rostlin např. ze slunečnicových semen nebo třešní (Lunn et al. 2014).

I některé běžné enterické bakterie lidského trávicího traktu, včetně *Escherichia coli* mohou syntetizovat trehalózu (Nicolaus et al. 1988). Moderní zdroje potravin, u nichž bylo prokázáno, že obsahují významná množství trehalózy, jsou med (0,1–1,9 %), slazené rýžové víno mirin (1,3–2,2 %), pivovarské (0,01 – 5,0 %) a pekařské kvasnice (15–20 %). Komerčně pěstované houby mohou obsahovat 8–17 % trehalózy (Nabors 2001).

Trehalóza je od 90. let 20. století velmi využívána v Japonsku, Tchaj-wanu a v Koreji. Trehalóza byla izolována během fermentace n-alkanů pomocí *Arthrobacter sp.* v množství 5–6 g. Tři japonské patenty, vydané v letech 1975 až 1993, popisovaly produkci trehalózy bakteriemi za použití běžných zdrojů uhlíku, jako je glukóza a sacharóza. Genetická rekombinace byla pokusem o vložení genu, který přeměňuje glukózu na trehalózu v plodině produkující cukr. Trehalóza byla vyráběna také z maltózy za použití trehalóza fosforylázy a maltóza fosforylázy, přičemž výtěžek byl až 60 %. Tento způsob byl ale velmi nákladný a byl omezen pouze na výrobu hodnotné kosmetiky a léčiv (Nabors 2001).

Později biochemická laboratoř v Okajamě v Japonsku (Hayashibara Co., Ltd.) prověřila bakterie, které by mohly produkovat trehalózu z levných zdrojů uhlíku. Bylo zjištěno, že jedna skupina bakterií mění maltózu na trehalózu efektivnějším způsobem. Jiný druh bakterií využívá pro výrobu trehalózy škrob a enzymy maltooligosyl-trehalosysyntázu a maltooligosyl-trehalózu trehalohydrolázu. Druhy bakterií produkující trehalózu z maltózy vyžadovaly pouze jeden enzym, a to trehalo-syntázu. Výroba ze škrobu začíná pomocí enzymu isoamylázy, přičemž vzniká amyulóza, která je následně převedena na amylosyl-trehalózu pomocí maltooligosyl-trehalosysyntázy, která identifikuje redukující koncové glukózové jednotky a katalyzuje přeměnu α -1,4 vazeb na α , α -1,1 vazby. V dalším kroku interaguje maltooligosyl-trehalóza trehalohydroláza s amylosyl-trehalózovými molekulami, a dochází k hydrolýze α -1,4 vazby mezi amylosylovou

skupinou a trehalózou a uvolňuje trehalózu do média. Tento enzymatický systém následuje konvenční způsoby výroby sacharidů a ve výsledku vede ke krystalické trehalóze o vysoké čistotě.

Při testech na kariogenitu byla trehalóza stlačena do mátové pastilky a pH plaku bylo měřeno zavedenou elektrodou po dobu 30 minut. U žádného ze 4 testovaných subjektů nedošlo ke snížení pH zubního plaku pod hodnotu 5,7. V dalších pokusech si čtyři subjekty rozpustily 5,1 g čokolády v ústech a opět u žádného ze čtyř subjektů konzumujících čokoládu nekleslo pH zubního plaku pod hodnotu 5,7. To naznačuje, že trehalóza užívaná za těchto podmínek nepodporuje zubní kaz. Jako pozitivní kontrola byl použit 10 % roztok sacharózy (Nabors 2001).

Obdobně jako jiné disacharidy je trehalóza hydrolyzována v těle na trávicá enterocyty.

Enzym, který hydrolyzuje trehalózu na dvě glukózové jednotky se nazývá trehaláza, ta je pevně vázána na povrch vnější strany membránových mikrokvlků v tenkém střevě. Enzym je vysoce specifický pro trehalózu a zdá se, že má nejvyšší koncentraci v proximálním a středním laloku tenkého střeva a klesá směrem k distálnímu (Nabors 2001).

3.7 Datlový sirup

Datle (*Phoenix dactylifera L*) byla důležitá plodina v pouštních zemích Středního východu a byla to záchranná plodina pro spousty starověkých kočovníků. To samé platí i dnes. Nyní je známo přes 2000 druhů datlových palem, ale pouze jen několik důležitých jsou využívány z hlediska výkonu a kvality ovoce. Celková produkce je okolo 6,4 milionu tun (Farahnakyl et al. 2016).

Datle z hlediska výživy jsou velmi bohaté na kalorie a mnoho vitamínů a minerálů, obzvláště velmi bohatý na draslík a velmi nízký obsah sodíku. Datlový sirup se doporučuje lidem trpící hypertenzí, kterým je doporučeno konzumovat potraviny s nízkým obsahem sodíku (Al-Hooti et al. 2002). Mezi další minerální látky patří železo, fosfor, a vápník. Datle jsou bohaté hlavně na cukry glukózu a fruktózu, mají nízký obsah bílkovin a tuků. Datlový sirup obsahuje mnoho jednoduchých cukrů, není tedy vhodný pro diabetiky. Datlové ovoce je bohaté na antioxidanty, o kterých je známo, že jsou dobrá prevence proti rakovině a kardiovaskulárnímu onemocnění, neurodegenerativní onemocnění, jako jsou Parkinsonovy a Alzheimerovy choroby.

V posledních letech bylo vyvíjeno inovativní zpracování datlí za náhražku sacharózy. Datlový sirup má základní standard:

1. Rozsah pH 4,2-6
2. Maximální rozsah popela 2 %, minimálně redukujících cukrů 58 %
3. Minimalní Brix 70 °

Tyto tři podmínky mohou být použity pro spotřebitele nebo pro továrny na výrobu potravin pro výrobu polotovaru jako jsou dorty, sušenky a konzervovaná jídla jako sladidla (Farahnakyl et al. 2016).

4 Náhradní sladidla

Umělé sladidlo bylo původně vyvinuto jako náhrada cukru za předpokladu, že použití těchto produktů místo cukru by povede ke snížení kalorického příjmu, zlepšují rezistenci na inzulin a v konečném důsledku vedou k úbytku hmotnosti (Pearlman & Akpotaire 2019) nebo kažení zubů. To ale samozřejmě vede k negativním ohlasům veřejnosti a častým tvrzením, že náhradní sladidla jsou škodlivá (Čopíková et al. 2013).

Nyní se u sladidel sledují kromě škodlivosti i biologické účinky, a to:

- 1) farmakokinetika (absorpce, distribuce, metabolismus, vylučování)
- 2) membránový transport
- 3) potenciál (sladidlo-drogové interakce)
- 4) dopad na regulaci chuti k jídlu a tělesné hmotnosti (Schiffman 2012).

V České republice lze používat nanejvýš 16 druhů náhradních sladidel, která byla schválena Evropskou unií. Mezi ně patří acesulfam K, aspartam, cyklamát, sacharin, sukralóza, thaumatin, neohesperidin dihydrochalkon, steviol glykosid, neotam a aspartam-acesulfam. Tato sladidla patří do nízkokalorických. Do objemových sladidel patří sorbitol, mannitol, isomaltol, maltitol, laktitol, xylitol, erythritol a kukuřičný sirup s vysokým obsahem fruktózy. Mezi další známá sladidla, která jsou v České republice povolena se řadí tagatóza, rebaudiosid A, trehalóza, brazzein a mogosidy (Čopíková et al. 2013).

4.1 Nízkokalorická sladidla

4.1.1 Aspartam

Aspartam patří k jednomu z nejznámějších syntetických sladidel. Byl vynalezen roku 1965 při výzkumu léku proti vředům. Jeho systematický název je methyl ester L- α -aspartyl-L-fenylalaninu, na etiketách potravin ho lze nalézt pod označením E951. Na trh byl uveden pod názvem „NutraSweet“ v roce 1981. Toto sladidlo společně s cyklamátem a sacharinem se označuje jako „sladidlo první generace“ (Weihrauch & Diehl 2004). Jeho sladivost vzhledem k sacharóze je 180 – 200x větší. V lidském těle je metabolickými procesy přeměněn na 2 aminokyseliny (fenylalanin a aspartát) a na methanol. Rizikovou látkou by se mohl zdát methanol. Tyto produkty jsou však stejné jako v mléce, masu, ovoci nebo zelenině, například ve sklenici rajčatového džusu se nachází 6x více methanolu než v nápoji slazeném aspartamem, zatímco ve sklenici odtučněného mléka ve stejném objemu nápoje slazeného aspartamem je 13x více aspartátu a 6krát více fenylalaninu. Proto lidé trpící nemocí zvanou fenylketonurie toto sladidlo nesmí. Nemoc postihuje cca 1 člověka z 15000. Jedná se o dědičnou nemoc, kterou lze posledních 50 let zjistit již v prenatálním stádiu, takže případnému nebezpečí lze zabránit (Čopíková et al. 2013).

Podle několika studií, v nichž byl testován účinek aspartamu na ženách i mužích, a to v různých věkových i jiných podskupinách, jako jsou kojenci, děti, adolescenti, diabetici, jedinci s onemocněním ledvin, obézní jedinci, lidé s onemocněním jater, kojící ženy a heterozygotní lidé trpící genetickým onemocněním fenylketonurií, nebyly žádné negativní účinky prokázány

(Nabors 2001). Často jsou zveřejněny na internetu zprávy, že aspartam má negativní vliv na lidské zdraví, například, že způsobuje bolesti hlavy, a dokonce i rakovinu. Takové články se nachází na bulvárních stránkách nebo jsou vědecky nepodložené. Lze to tedy považovat za „hoax“ (Čopíková et al. 2013). Proto kvůli šíření zpráv, že aspartam má negativní vliv na lidské zdraví, nechal Evropský vědecký výbor pro potraviny (JECFA) aspartam přezkoumat. Výsledkem je přes 500 zpráv a JECFA došel k závěru, že z biochemického a klinického hlediska člověk může konzumovat $40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$. Přijatelný denní příjem aspartamu (ADI) pro aspartam byl tedy stanoven na 40 mg na kg tělesné hmotnosti a den. Na základě údajů získaných ve studiích na zvířatech i lidech stanovil americký úřad pro kontrolu potravin a léčiv (FDA) ADI pro aspartam 50 mg na kg tělesné hmotnosti a den. ADI znázorňuje množství potravinářské přídatné látky, kterou lze denně po celý život konzumovat bez nežádoucích účinků, nikoliv nejvyšší povolenou dávku (Nabors 2001).

4.1.2 Sacharin

Sacharin je syntetické sladidlo, které se považuje za jedno z nejstarších. Bylo objeveno německým lékárníkem Constantinem Fahlbergem, který byl povolán jako odborný svědek v žalobě proti Spojeným americkým státům kvůli konfiskaci 712 pytlů cukru Demerara. Tento cukr je hnědý a hrubý, obsahuje 2 – 3 % melasy a primárně se vyrábí v povodí řeky Demerara. Tento materiál byl údajně uměle ztmaven, takže spadl do nižší kategorie, a proto podléhal sníženému dovoznímu clo. V průběhu soudu, který byl opožděn, pomáhal Fahlberg s výzkumem v laboratoři u Ira Remseny, ve stejné laboratoři, ve které měl dohlížet jako svědek. Během výzkumu měl Fahlberg uskutečnit oxidaci o-toluensulfanové kyseliny, to se mu však podařilo až o pár let později v roce 1878 za pomoci Remseny se sulfonamidy, a to oxidací o-toluensulfonové kyseliny manganistanem draselným. Vedlejším produktem byla kyselina označovaná jako anhydroorthosulfamin-benzoová tedy sacharin s dnešním systematickým názvem 1,1 - dioxo-1,2-benzothiazol-3-on. Proces výroby si nechal Fahlberg patentovat a připsal si zásluhy za objevení pouze on sám. Remsenovi nešlo o finanční kompenzaci, ale o vědecké uznání a je zřejmé, že ani jeden bez druhého by se neobešli, jelikož Remsen se sulfonovými kyselinami zabýval roky. Remsen tedy označil Fahlberga za podvodníka (Roth & Lück 2015).

Sacharin lze na obalech potravin najít pod označením E954 nebo pod obchodní značkou „Fan sladidlo“. Relativní sladivost ve srovnání se sacharózou je 300 – 500x větší, přesná hodnota se liší od druhu potravin nebo nápoje. Denní přijatelnou dávkou (ADI) je 5 mg / den na kg tělesné hmotnosti. Nevýhodou sacharinu je, že má nahořklou chuť a musí se tedy kombinovat s jinými sladidly. Využívá se hlavně v potravinářském průmyslu, při výrobě zubních past a ochucených vod (Račická 2012).

Byl prováděn výzkum s 20 skupinami potkanů s cílem zjistit, zda je větší příjem sacharinu pro potkany škodlivý. Sacharin byl potkanům podáván minimálně 1,5 roku. U samečů, kterým byl podáván sacharin v koncentraci 7,5 % byl zjištěn až 30 % výskyt rakoviny močového měchýře. V této studii byli použiti potkani ACI, kteří často trpí parazitem močového měchýře, *Trichosomoides crassicauda*, a tím jsou tedy více citliví při požití sacharinu na proliferaci rakovinných buněk. Po tomto výzkumu byl dříve v Kanadě sacharin zakázaný, avšak Národní ústav pro environmentální zdraví označil sacharin jako látku, která není činidlem způsobujícím

rakovinu. Rozhodování stálo také na tom, že člověk má jiné metabolismy než potkan. V roce 1998 byla zhotovena jiná studie s 20 opicemi, každá byla jiného druhu, kterým byl podáván sacharin v menších dávkách (25 mg ve stravě na kg živé hmotnosti denně po dobu 5 dnů v týdnu), což u člověka odpovídá 1,5 kg po dobu až 24 let. Kontrola se prováděla na 16 opicích, z nichž ani jedna ne onemocněla rakovinou močového měchýře (Nabors 2001).

Jiné studie jsou zaměřeny na ovlivnění střevní mikrobioty. Podle Ruiz-Ojeda et al. (2019) bylo zjištěno, že podávání samotného sacharinu inhibuje růst 6 bakteriálních druhů, a to 3 typů *Lactobacillů* a 3 typů *Escherichia coli*. Výzkum byl prováděn na potkanech, kterým byla podávána potrava s 2,5 % sacharinu, což je přibližně 107 mg ve stravě. Potkan váží zhruba 200 až 220 g. Sacharin společně v kombinaci se neohesperidinemneochalkonu zvyšuje počet fekálních bakterií *Lactobacillus* a mléčné kyseliny. V 16S rRNA genetických analýzách bylo zjištěno 25 hlavních kmenů bakterií, především rodu *Bacteroida*, *Clostridium* a *Bacillus*.

4.1.3 Thaumatin

Thaumatín je znám pod obchodním názvem Talin anebo pod označením E957 (Čopíková et al. 2013). Je to sladce chutnající bílkovina získaná z bobulí ovoce katemfe, které roste na keři *Thaumatococcus daniellii Benth*, nacházející se v Západní Africe. Ovoce se skládá ze dvou nebo ze tří trojúhelníkových oplodí. V ovoci se nachází průhledný hustý a viskózní hlen, který obklopuje velké černé semeno nacházející se v každém oplodí. Pod každým semenem je měkký povlak podobající se želé. V tradičním lidovém lékařství je listová šťáva využívána jako sedativum, protijed na toxiny, kousnutí a bodnutí. Semena jsou využívána jako emetikum a na problémy s plícemi, zatímco plody katemfe jsou používány jako projímadlo. Dužina je v západní Africe využívána jako sladidlo do kyselých dezertů, ke slazení chlebu, palmového vína a obecně ke zlepšení chuti. Thaumatín je v plodu v několika formách, a to minimálně v pěti: thaumatín I a thaumatín II, thaumatín a, thaumatín b a thaumatín c. (Świąder et al. 2019). Thaumatín je zcela přírodní sladidlo s intenzivní sladkostí. Sladivost ve srovnání se sacharózou je 2000 – 3000x větší (Čopíková et al. 2013). Je využíván k maskování nežádoucích nebo nahořklých pachutí jiných intenzivních sladidel nebo zakrývání hořkosti citrusových plodů, případně k zakrývání pachuti chloridu draselného ve stolních solích, používaných k zabránění přebytku sodných iontů. Kromě toho je využíván pro antikoncepční a antibakteriální účinky, chrání kardiovaskulární systém a snižuje hladinu cukru v krvi. Energetická hodnota je 4 kcal.g⁻¹, ale protože se thaumatínu používá pouze malé množství, předpokládá se, že nepřispívá ke zvýšení kalorického příjmu (Świąder et al. 2019). Jeho působení je specifické a omezující v tom, že jeho vnímání po požití nastává až po delší době, ale trvá též delší dobu a připomíná chuť lékořici (kovovou až hořkou chuť). V lidském organismu je metabolizován jako dietní protein. Thaumatín je stabilní při vyšších teplotách a kyselejších prostředí při hodnotách pH 2,5 – 6. Je rozpustný ve vodě a ve vodném alkoholu (Bassoli & Merlini 2003). Jeho molekulová hmotnost je 22000 (James & BeMiller 2019).

Thaumatín se využívá jako aditivum (Świąder et al. 2019), jehož přijatelný denní příjem (ADI) není určen (Čopíková et al. 2013). Thaumatín je považována za jedno z nejsladších a nejbezpečnějších sladidel. Přidává se do žvýkaček bez obsahu cukru, do cukrovinek bez přídavku cukru, do zmrzlin se sníženou kalorickou hodnotou nebo bez přidaného cukru. V USA

je thaumatin považován za zvýrazňovač chuti (GRAS), nikoliv za sladidlo a bylo zjištěno, že jeho používání je zcela bezpečné až na jednu výjimku, při níž byly objeveny alergické reakce u zaměstnanců v továrně na žvýkačky. V EU vyvolává thaumatin velkou alergickou odezvu horních dýchacích cest a zdá se, že alergická reakce je větší než v případě arabské gummy (Świąder et al. 2019).

4.1.4 Acesulfam K

Acesulfam K je synteticky vyrobené sladidlo, které bylo objeveno náhodou v roce 1967 německým chemikem Karlem Claussem v laboratoři, když obracel stránky knihy, v níž listoval, a přitom si olízl prsty. Je známý pod označením E950. Sloučenina je kyselá, $pK_a = 2,0$ a stabilní i při vyšších teplotách, proto je vhodná i pro pečení a vaření (Doležal 2009). V praxi se používá draselná sůl 6-methyl-1,2,3-oxa-thia-zin-4(3H)-on-2,2-dioxidu.

Účinek acesulfamu K je chvilkový, pouze při konzumaci, ale s rychlým náběhem „sladkosti“. Ve vyšších koncentracích a vodném roztoku má nahořklou chuť, takže při trávení způsobuje acesulfam chuť hořkou (Čopíková et al. 2013). To ale v potravinách s nízkou koncentrací této látky není podstatné. S rostoucí teplotou se však sladivost nemění. Ke zlepšení chuti sladidel je využíváno směsi acesulfamu K a cyklamátu nebo aspartamu. Aspartam a acesulfam K mají až stokrát menší sladivost než sacharóza, ale ve spojení těchto dvou syntetických sladidel, jsou až 300x sladší než sacharóza, proto je často v potravinářství využíváno kombinace těchto sladidel. Pro výrobu acesulfamu K jsou vhodné jako výchozí následující materiály: ketony, P-diketony, alkyny a 3-oxykarbonové kyseliny, které mohou reagovat s halogensulfonylisokyanáty. Sloučeniny vytvořené v takovýchto reakcích jsou přeměněny na amid N-halogen-sulfonyl-acetocetové kyseliny. V přítomnosti hydroxidu draselného tato sloučenina cyklizuje na dihydro-oxa-thia-zin-on dioxidový kruhový systém vyloučením odpovídajících draselných solí. Protože dihydro-oxa-thia-zin-on dioxidy jsou vysoce kyselé sloučeniny, vytvářejí se soli kruhového systému a výroba draselné soli acesulfamu K vyžaduje KOH; NaOH nebo $Ca(OH)_2$ (Horne 2002).

Acesulfam K je bílý krystalický prášek, který je možno skladovat při pokojové teplotě za působení světla. Byly dělány testy, ve kterých byly vzorky Acesulfam K ponechány 6 let na světle, a i po této době vzorky nevykazovaly žádné změny rozkladu v porovnání s čerstvě vyrobeným sladidlem. Výhodou acesulfamu K je, že se rozpouští ve vodě i při pokojové teplotě. Při teplotě 20 °C je jeho rozpustnost cca 270 g v 1 l vody. S vyšší teplotou stoupá i rozpustnost, při teplotě bodu varu vody (100 °C) se rozpustí 1000 g acesulfamu K v 1 l vody). V alkoholu je acesulfam téměř nerozpustný a při pokojové teplotě se rozpustí pouze 1 g.l⁻¹ alkoholu. Ve směsi 50% alkoholu s vodou je jeho rozpustnost 100 g.l⁻¹. Čím více je roztok naředěn vodou, tím větší je rozpustnost. Toxicita acesulfamu K je téměř zanedbatelná, protože akutní orální toxicita LD₅₀ byla stanovena na 6,9 – 8 g.kg⁻¹ hmotnosti jedince a intraperitoneální LD₅₀ 2,2 g.kg⁻¹ hmotnosti jedince. Byly prováděny pokusy na potkaních, u kterých se projevíly subchronické účinky. Výzkum trval 90 dní, přičemž zvířata byla krmena acesulfamem K o koncentraci 0 až 10 %. Až 3 % acesulfam K byl podáván potkanům ke zjištění chronické toxicity a potencionální karcinogenity. Kromě testů na potkaních byly prováděny 2 roky testy s bigly. Výsledky neprokázaly žádnou mutagenitu. Kromě toho byla testována také reprodukce a bylo zjištěno, že požití acesulfamu K nemělo u

potkanů žádný negativní účinek. V EU je tedy povoleno 9 mg.kg^{-1} živé hmotnosti a v USA po delším hodnocení acesulfamu K byl nastavena denní dávka až na 15 mg.kg^{-1} tělesné hmoty. Díky dalším pokusům na zvířatech, a to prasatech, potkanech a psech, ale i lidských dobrovolnících bylo zjištěno, že acesulfam K je zcela nemetabolizovaný a je vyloučen močí. Díky tomu, že je vyloučen, nemá žádnou kalorickou hodnotu (Nabors 2001).

4.1.5 Cyklamáty

Cyklamát byl poprvé synteticky vyrobený při výrobě hořčinatých látek (Čopíková et al. 2013) doktorandem z Univerzity Illinois Michaelem Svedou, který sladidlo objevil náhodou. Patent si ale přivlastnila firma Abbott laboratories, která provedla další nezbytné studie. Sladivost vzhledem k sacharóze je průměrně 40 x větší, to znamená, že přidané množství cyklamátu musí být vyšší než množství jiných sladidel. Cyklamáty se prodávaly jako tablety, které byly doporučeny jako stolní sladidlo pro diabetiky anebo pro lidi, jež měly doporučený snížený příjem cukru. V roce 1958 označila vláda pro potraviny a léčiva Spojených států amerických cyklamáty pro potraviny a léčiva jako obecně uznávané sladidlo nebo jako zvýrazňovač chuti (GRAS) (Nabors 2001).

Často byla využívána směs cyklamátu a sacharinu v poměru 10:1 (Čopíková et al. 2013), protože měla synergický účinek podobně jako směs acesulfamu K a aspartamu. Během 60. let vzrostl ve Spojených státech zájem o směs těchto dvou sladidel, což vedlo k dalším studiím, které dospěly k výsledkům, že cyklamáty mohou být ve střevech metabolizovány bakteriemi na cyklohexylamin. V roce 1969 byly se směsí cyklamátu a sacharinu prováděny testy na potkanech, po nichž se u zvířat projevila karcinogenita močového měchýře. Po tomto výsledku byl status GRAS směsi odebrán a ve Spojených státech byla po určité době zakázána. (Nabors 2001). Denní povolený příjem cyklamátu (ADI), který stanovila JEFCA pro Evropskou unii je 11 mg.kg^{-1} tělesné hmoty (O'Donnell & Kearsley 2012).

Maximální sladká chuť přichází oproti sacharóze pomaleji, ale přetrvává déle. Sacharóza je oproti cyklamátu 30x méně sladší, ale při větším poměru sacharózy například při 20 % je intenzita sladivosti cyklamátu pouze 24x větší, avšak oproti 2 % sacharóze je sladivost cyklamátu 40x větší (Nabors 2001). V porovnání se sacharinem jsou cyklamátové soli sladší (O'Donnell & Kearsley 2012). Ke slazení se používají cyklamátové soli sodné nebo vápenaté, které jsou o něco málo sladší, rozdíl může být způsoben ionizací, protože nežádoucí chuť může být způsobena nedisociovanou solí a sladivost naopak cyklamátovým iontem (Nabors 2001), nicméně nejvíce používaná cyklamátová sůl je sodná. Cyklamáty jsou výborně rozpustné ve vodě, jejich kyselá část má rozpustnost 133 g.l^{-1} sodná sůl 200 g.l^{-1} nebo vápenatá 250 g.l^{-1} . Jsou stabilní za tepla i chladu a při pH 2–7, což je pH většiny colových nápojů, dále na světle i ve tmě, při pasterizaci i ultra vysokém tepelném ošetření (UHT) ošetření (Kapadiya Dhartiben & Aparnathi 2017).

Cyklamáty jsou neúplně a pomalu přeměňovány gastrointestinálním traktem (Nabors 2001). Většina lidí vylučují cyklamát nezměněný (Čopíková et al. 2013), ale přibližně 25 % populace dokáže cyklamát vstřebat na cyklohexylamin. Evropané a Severoameričané mají tuto schopnost menší (20 %) než Japonci, kteří dokážou metabolizovat až 80 %. Tato metabolická schopnost se však liší u stejných subjektů ze dne na den.

Cyklohexylamin je metabolizován v rozsahu 1–2 % na cyklohexanol a cyklohexan-1,2-

diol. Všechn nemetabolizovaný cyklamát je filtrován přes glomerulus (Nabors 2001) a poté vylučován močí, podobně je tomu u cyklohexylaminu (O'Donnell & Kearsley 2012), který je toxičtější než cyklamáty. Podle posledních studií však nebyly prokázány žádné negativní účinky na plodnost mužů při delší konzumaci cyklohexylaminu (Cattanach 1976).

4.1.6 Sukralóza

Sukralóza je syntetické sladidlo, známé také pod obchodním názvem Splenda nebo také pod označením E955 (Čopíková et al. 2013). Řadí se mezi chlorované organické sloučeniny (Schiffman & Rother 2013). Sukralóza byla vyrobena v 70. letech 20. století, a to s jasným cílem, aby sladidlo nebylo příliš nákladné a aby byl výrobek dobře dostupný ze zemědělského hlediska (O'Donnell & Kearsley 2012). Sukralózu syntetizovali Tate a Lyle a jejich kolega Hough z Univerzity Queen Elizabeth Collage (Nabors 2001).

Sukralóza (1,6-dichlor-1,6-dideoxy-pd-fruktofuranosyl-4-chlor-4-deoxy-a-d-galaktopyranosid) se vyrábí chlorací sacharózy, a má mnohem větší sladivost než sacharóza, a to 600 x, má také větší stabilitu a nemá žádný nepříjemný dozvuk chuti. Chlorace sacharózy v polohách 1 a 6 na fruktóze a inverze s chlorací v poloze 4 na glukóze způsobuje stabilitu sukralózy. Glykosidická vazba sukralózy je odolnější vůči enzymatické a kyselé hydrolyze než glykosidická vazba sacharózy. Rezistence glykosidické vazby vede k tomu, že savci nedokáží sukralózu strávit a metabolizovat ji na zdroj energie, a to je příčinou toho, že sukralóza je nekalorická (Nabors 2001). Splenda je nehygroskopický krystalický bílý prášek, který je velmi dobře rozpustný ve vodě, v ethanolu i v methanolu a jehož viskozita je podobná viskozitě sacharózy (Nabors 2001). Rozpustnost sukralózy ve vodě při 20 °C je 280 g.l⁻¹, při vyšších teplotách rozpustnost stoupá. Při stejné teplotě je sukralóza rozpustná v alkoholu v množství 110 g.l⁻¹ a při 60 °C v množství 220 g.l⁻¹. Skladovací doba v suché podobě je až dva roky při maximální teplotě 25 °C. Vysoké teploty mohou ovlivňovat barvu sukralózy, proto je třeba dbát na datum spotřeby. (Dhartiben & Aparnathi 2017).

Podle jedné studie na potkanech bylo prokázáno, že sukralóza zvyšuje produkci dvou izoenzymů P450 (CYP) a P-glykoproteinu (Pgp). Tyto látky jsou zapojeny do detoxikačního systému při požití léků. Tento jev se vyskytl pouze u potkanů, u lidí se při požití léků popisovaný účinek neprojevil a sukralóza byla vylučována stolicí. Při pravidelném podávání nižší dávky než je ADI, se u člověka ukázalo snížení stávající mikrobioty o více jak 50 % v tlustém střevě, a to zejména laktobacilu a bifidobakterie a dále také fekální mikrobioty (Schiffman & Rother 2013). Tento test se však prováděl v kombinaci 1 % sukralózy a 99 % maltodextrinu, tudíž výsledky byly zpochybněny. Často se sukralóza označuje jako klamavá reklama na derivát sacharózy, což neodpovídá realitě, protože sukralóza není přírodní sladidlo. Naopak na internetu se lze setkat s tvrzením, že sukralóza je z hlediska toxicity na stejné úrovni jako chlorované pesticidy (Čopíková et al. 2013).

Využití sukralózy v USA je nejvíce do čajů, kávy, jogurtů, zmrzlin, koláčů, žvýkaček, dresinků do salátu, kandovaného ovoce, pudinků, džemů a čokoládových sirupů (Roberts et al. 2000).

4.1.7 Neotam

Neotam je synteticky vyrobené sladidlo. Je to derivát aspartamu a oproti němu je 30x sladší (Čopíková et al. 2013) a 7000–13000x sladší než sacharóza. Jeho chuť je podobná cukru, je čistá bez žádných nahořklých dozvuků (Nabors 2001).

Systematický název je (methyl ester N-(3,3-dimethyl)butyl-L- α -aspartyl-L-fenylalaninu) a na etiketách je uváděn pod označením E961 (Čopíková et al. 2013).

Až po pětiletých výzkumech byla prokázána stabilita neotamu v suchém prostředí, která je 4 roky. Hlavním produktem degradace je deesterifikovaný neotam, který vzniká jednoduchou hydrolýzou a oddělením methylesterové skupiny z neotamu. Vedlejším produktem je methanol. Peptidová vazba mezi dvěma aminokyselinami fenylalaninem a asparagovou kyselinou je přerušena peptidázami, v neotamu ale existuje 3,3-dimethylbutanová část, kde se tato vazba skrývá, čímž se snižuje množství fenylalaninu, takže neotam je bezpečný i pro lidi trpící fenylketonurií (Haroun & Haider 2018). Vyšší teploty a vlhkost vedou k tvorbě většího množství deesterifikovaného neotamu bez významných množství produktů jiných rozkladu. Neotam je velmi využívaný v práškových nealkoholických nápojích a dezertních směsích (Dhartiben & Aparnathi 2017). Neotam udržuje i za nepříznivých podmínek látkovou rovnováhu. Na základě studií bylo dokázáno, že fluorescenční záření nemá vliv na jeho stabilitu v potravinách balených v polyethylenových obalech. Jiné studie zase ukazují, že směsi maltodextrinu, dextrinu a neotamu jsou stabilní za vhodných podmínek i delší dobu (Nabors 2001). Nejvyšší stabilitu má směs při 4,5 pH. Při velmi nízkém pH se dipeptid metabolizuje na dipeptidkarboxylovou kyselinu, což je hlavní metabolit v lidském těle (Dhartiben & Aparnathi 2017).

Rozpustnost neotamu ve vodě je 12,6 g.l⁻¹ při 25 °C. Je velmi rozpustný i v methanolu a ethanolu, a to při všech testovaných teplotách. S vyšší teplotou stoupá i rozpustnost neotamu, čehož se hojně využívá ve velkém počtu potravin a nápojů (Chattopadhyay 2014).

ADI, které bylo stanoveno v roce 2002 JECFA, je 2 mg na osobu za den, v USA bylo v roce 2002 stanoveno maximálně Úřadem pro kontrolu potravin a léčiv Spojených států (USFDA) 18 mg na kg tělesné váhy (Chattopadhyay 2014).

4.1.8 Neohesperidin dihydrochalkon

Neohesperidin dihydrochalkon byl objeven Gentilem a Horowitzem v roce 1963 při studiu vztahů mezi hořkou chutí a strukturou fenolických glykosidů. Vzniká hydrogenací hořkého flavanonu neohesperidinu a produktem je sladká látka neohesperidin dihydrochalkon, která patří mezi přírodní sladidla (Gent & Bartoshuk 1983). Řadí se do glykosidických flavonoidů, které jsou získávány z kůry citrusových plodů (citrony a grapefruity), které obsahují glykosidické flavonoly naringin a hesperidin. Mimo to se také neohesperidin dihydrochalkony nacházejí v ovoci *iranthera*, které je používáno k úpravě sladkých jídel v Kolumbii. Další jsou původem z Číny, a to z listů z rostliny *Lithocarpus litsefolius* a využívají se k přípravě sladkých čajů. Díky tomuto sladidlu se začala později vyrábět syntetická nízkokalorická sladidla (Nabors 2001).

Nyní je neohesperidin dihydrochalkon velmi žádaný, jelikož je schválený jako aromatická složka i jako sladidlo. Při nedávném výzkumu se dospělo k závěru, že neohesperidin dihydrochalkon v nízkých koncentracích společně s objemovými nebo jinými nízkokalorickými

sladidly působí synergicky, a to celkově kvalitativně i chuťově (Nabors 2001).

Je znám po označení E959, nebo je také skryt pod zkratkou NHDC nebo Neo-DHC (Čopíková 2013) a je 1500x sladší než sacharóza (Ruiz-Ojeda et al. 2019).

Neo-DHC je bílý krystalický prášek, který za normálních teplot není rozpustný ve vodě. Jeho rozpustnost ve vodě je 0,4 – 0,5 g.l⁻¹. Se stoupající teplotou se jeho rozpustnost zvyšuje, to samé platí pro roztok alkohol-voda, v němž je rozpustnější než v samotné vodě nebo alkoholu. Díky malému použitému množství alkoholu, ve kterém je rozpustnost větší než ve vodě, lze alkoholický roztok použít i v potravinářství (Braune et al. 2005).

Rentgenovou difrakcí bylo zjištěno, že jedna molekula neohesperidin dihydrochalkonu má tvar písmene J, přičemž lineární část je tvořena hesperidin dihydrochalkonovým aglykonem a zakřivená část β-neohesperidinovým zbytkem.

Díky dalším studiím bylo dokázáno, že NHDC lze skladovat až 3 roky při pokojové teplotě. Je zcela stabilní ve vodných roztocích při různých teplotách a pH. Vodné roztoky jsou odolné vůči hydrolyze na volné cukry (Nabors 2001).

Toxicita NHDC byla testována ve výzkumu v Kalifornii, který se skládal z několika částí, a to studie teratogenity třígenerační reprodukce potkanů, studie subakutního krmení potkanů, dvouleté toxicita potkanů a dvouleté studie krmení psů. Ve výsledku podle Gentiliho a Horowitze nebyly prokázány žádné známky přítomnosti nádorů v tělech testovaných zvířat. Další studie byla zaměřena na mutagenitu a hromadění neohesperidin dihydrochalkonu v těle. Pomocí Amesova testu byl neohesperidin dihydrochalkon vyhodnocen jako nemutagenní. Jiné studie, které byly zhotoveny v Institutu pro toxikologii a výživu sledovaly subchronickou orální toxicitu neohesperidin dihydrochalkonu na 20 samicích a 20 samcích potkanů. Zvířata dostávala potravu s přídatkem NHDC o koncentracích 0; 0,2; 1,5 % po dobu 13 týdnů. Změny byly zaznamenány pouze při podání nejvyššího množství (5 %) a projevíly se ve spotřebě potravy, změně hmotnosti a zvětšení slepého střeva. Toxicita však byla minimální až žádná (Nabors 2001).

V roce 1987 byl neohesperidin DC v EU schválen jako toxikologicky nezávadný a byla stanovena hodnota ADI 5 mg.kg⁻¹ tělesné hmotnosti. Kalorická hodnota je odhadnuta na 2 cal.g⁻¹.

Metabolismus neohesperidinu DC zřejmě ovlivňuje střevní mikrobiota. Bakteriální glykosidázy ho štěpí na dihydroisoferulovou kyselinu a floroglucinol (Braune et al. 2005).

4.1.9 Alitam

Alitam je z chemického hlediska dipeptid kyseliny L-asparagové a D-alaninu (Gupta 2018), má 2000x sladší chuť než sacharóza a je 10x sladší než aspartam (Račická 2012). Příčinou sladké chuti je amidový zbytek. Byl nalezen při náhodném objevu v roce 1965. Je to nehygrospický krystalický prášek bez zápachu, jehož chuť je velmi kvalitní, bez žádných kovových tónů nebo nahořklých pachutí. Pocitu sladké chuti se dosahuje rychle, chuť je podobná aspartamu. Zlepšení kvality chuti alitamu lze docílit směsí s jinými nízkokalorickými sladidly, a to s cyklamátem, sacharinem a acesulfamem K. Při dosažení izoelektrického bodu 5,7 je alitam nejméně rozpustný (Kapadiya & Aparnathi 2017), přesto je jeho rozpustnost v izoelektrickém bodě ve vodě vysoká, stejně tak jako v polárních rozpouštědlech, naopak v nepolárních rozpouštědlech je alitam téměř nerozpustný ať to jsou tuky, oleje nebo chloroform (Kapadiya & Aparnathi 2017). Při vyšších teplotách se alitam ve vodných roztocích rozpouští více a pH roztoku

se odchyľuje od izoelektického bodu (Nabors 2001).

Jeho stabilita v porovnání s aspartamem je větší v kyselém prostředí, při hodnotě pH 2–4 je až dvojnásobně vyšší (Nabors 2001). Při zvyšujícím pH se stabilita zvyšuje, maximální je v neutrálním prostředí pH 5–8, v těchto podmínkách je alitam stabilní až 1 rok, čehož se využívá zejména v pasterovaných potravinách, v potravinách s neutrálním pH, které jsou tepelně opracované, v měkkých a tvrdých bonbónech a žvýkačkách (Nabors 2001). Teplota tání alitamu se pohybuje v rozmezí 136–147 °C (Kapadiya & Aparnathi 2017).

Alitam je velice kompatibilní s velkou škálou čerstvě připravených potravin, podléhá chemickým reakcím, reaguje hlavně s redukujícími cukry jako je laktóza a glukóza v zahřátých tekutých nebo polotekutých produktech, například v pečivu za vzniku produktů Maillardových reakcí. Dlouhodobé skladování alitamu nacházejícího se v kyselých tekutých nápojích může vést k nekompatibilitě, která byla zjištěna pouze organolepticky. Peroxid vodíku, askorbová kyselina, hydrogensířičitan sodný a některé karamelové barvy, které mají pH nižší než 4 jsou schopné vytvořit s alitmem aromatické látky (Nabors 2001).

Jeho vstřebávání se děje v gastrointestinálním traktu, poté se metabolizuje a vylučuje. Produkty rozkladu jsou alanin amid a asparagová kyselina, ta je dále běžně metabolizována a alanin amid s minimálními metabolickými změnami prochází tělem. Hlavním metabolitem v moči lidí je glukoronický derivát. V roce 2002 byla přezkoumána bezpečnost alitamu společností JECFA, přičemž se došlo k závěru, že by alitam mohl vykazovat určité známky karcinogenity. Nejvyšší dávka, při které není pozorován účinek (NOAEL) byla stanovena na základě 18 měsíčních pokusů se psy a odpovídá hodnotě 100 mg na kg tělesné hmotnosti a den. ADI byla stanovena 0–1 mg.kg⁻¹ tělesné hmotnosti. Sladidlo bylo povoleno pouze v Mexiku, Číně, Novém Zélandu, Austrálii a Kolumbii (Chattopadhyay 2014).

4.1.10 Tagatóza

Tagatóza nebo také d-tagatóza je ketohexóza, jejíž čtvrtý uhlík je chirální a je zrcadlovým obrazem atomu uhlíku, který je společný s d-fruktózou. Její molekulová hmotnost je 180,16 g.mol⁻¹. Je to přírodně se vyskytující sladidlo, které se nachází v zahřátém kravském mléce a v gumě *Sterculia setigera* na částečně acetylovaném kyselém polysacharidu. Tagatóza je nehygroskopický produkt podobný sacharóze, to znamená, že tagatóza za normálních podmínek neabsorbuje vodu z okolní atmosféry a nevyžaduje proto zvláštní skladování (Levin 2002).

Vyrábí se hydrolýzou laktózy. Produkty jsou monosacharidy glukóza a galaktóza, které mají větší sladivost než disacharid laktóza. Dále se galaktóza isomerizuje na D-tagatózu za současného přidání hydroxidu vápenatého (Chattopadhyay 2014). Ve srovnání se sacharózou má d-tagatóza o 92 % větší sladivost a podobný fyzický objem, využívá se jako nízkokalorické sladidlo. Její největší využití jako náhrada cukru je v nealkoholických nápojích v mražené vodě, zmražených jogurtech, beztukových zmrzlinách, obilovinách, cukrovinkách a žvýkačkách. (Levin 2002).

Objevena byla inženýrem Beltsyille z Marylandu, který si nechal výrobu tagatózy patentovat v roce 1988 a o 3 roky později začal patent využívat v potravinách. V roce 1996 koupila dánská firma Ala Foods Ingredients Amba licenci na všechny patenty ohledně výroby tagatózy (Nabors 2001).

V roce 2001 byla D-tagatóza americkým Úřadem pro kontrolu potravin a léčiv (FDA) označena jako obecně uznávaný produkt neboli GRAS a následně jako nízkokalorické sladidlo a až poté Evropská unie uznala tagatózu jako sladidlo, která lze použít bez omezení (Guerrero et al. 2018).

Monosacharidy glukóza a galaktóza jsou absorbovány aktivním a energeticky náročným transportním mechanismem, kdežto xylóza a fruktóza jsou absorbovány tzv. usnadněnou difúzí a všechny ostatní cukry pasivní absorpcí. Přestože fruktóza a d-tagatóza mají molekulární strukturu podobnou, nejsou přijímány v tenkém střevě. Podle experimentů prováděných *in vitro* se prokázalo, že d-tagatóza nemá inhibující účinek na absorpci glukózy nebo fruktózy, takže vazba mezi glukózou nebo fruktózou a d-tagatózou ve sliznici může být vyloučena. Podle jiných průzkumů se v zažívacím traktu potkanů absorbuje 20 % d-tagatózy a nejvíce (26 %) se absorbuje v zažívacím traktu prasat. Podle výpočtů z absorpce l-ramnózy se absorpce v zažívacím traktu lidí odhaduje nejvíce na 20 % (Nabors 2001).

Vylučování d-tagatózy bylo zkoumáno na potkanech po požití 20 % roztoku D-tagatózy, která byla podávána intravenózními dávkami. Bylo zjištěno, že D-tagatóza byla vyloučena močí do 48 hodin, přičemž u 90 % testovaných jedinců byla odstraněna z ledvin už po 6 hodinách po podání. Stejný pokus se prováděl s prasaty, avšak pouze 5 % přijaté D-tagatózy bylo vyloučeno močí a následné humánní studie odhalily, že při požití 30 g d-tagatózy, člověk vyloučí pouze 0,7–5,3 % požitých tagatózy. Neabsorbovaná tagatóza se fermentuje střevními mikroorganismy na mastné kyseliny s krátkým řetězcem (SCFA). Podle studií, které byly prováděny na potkanech, se zjistilo, že po požití 10 % tagatózy je vyloučená dávka 25 %, kdežto potkani, kteří byli geneticky upraveni, vyloučili pouze 2 % D-tagatózy. V jiných studiích s prasaty, která také požíla 10 % tagatózu nebyla ve výkalech nalezena žádná tagatóza, podobně tomu je i u člověka (Nabors 2001).

Díky studii na potkanech byla stanovena energetická hodnota D-tagatózy 0,12 kcal.g⁻¹. Tato nízká hodnota je vysvětlována inhibicí absorpce sacharózy, která byla přítomna v bazální stravě při vyšší koncentraci, nebo přítomností malého množství fermentovatelné vlákniny v bazální stravě. Pomocí jiné studie na potkanech byla stanovena energetická hodnota D-tagatózy 1,2 kcal.g⁻¹, což je desetkrát více než v první studii. Třetí studie, které se přiklání největší význam, určila energetickou hodnotu 1,4 kcal.g⁻¹ (Nabors 2001).

Byl sledován vliv tagatózy na glykémii v krvi lidí s diabetem mellitus typu II. Podle studie Ensor et al. (2014) byl hlavní cíl zhodnotit účinek a bezpečnost d-tagatózy na glykémii v krvi. Studie trvala 6 měsíců a na jejím konci byl stanoven glykolyzovaný hemoglobin (HbA_{1c}). Po osmi týdnech screeningu byli hodnocení jedinci rozděleni do skupin podle dávky d-tagatózy, které byly 2,5 g; 5,0 g a 7,5 g. Při každé kontrole a na konci studie byly zjišťovány koncentrace glukózy v krvi nalačno, HbA_{1c} v krvi, plazmatické lipidy, změny indexu tělesné hmotnosti a změna hladin inzulínu. Úspěšnost léčby byla hodnocena parametrem HbA_{1c}. Největší účinek se projevil ve skupině lidí, kteří přijímali 7,5 g D-tagatózy. Při stanovení glukózy na lačno pouze skupina lidí s příjmem 7,5 g d-tagatózy vykazovala snížení z výchozí hodnoty, a to v časové hranici 3 a 6 měsíců, průměrná tělesná hmotnost se snížila také nejvíce v této skupině, ale snížení hmotnosti bylo pozorováno i při dávce 5,0 g. Po dobu šesti měsíců všechny dávky d-tagatózy byly dobře tolerovány. Dávka 5 g byla minimální potřebná dávka ke snížení HbA_{1c}. D-tagatóza měla největší účinek při dávce 7,5 g, a to pro většinu sledovaných parametrů.

Dále byla vybrána skupina lidí s příjmem 5,0 g d-tagatózy. Hodnocení této skupiny osob se skládalo ze dvou částí. Hodnocena byla:

- 1) kariogenicita d-tagatózy pomocí telemetrických technik.
- 2) kariogenní potenciál zahrnující adaptaci subjektů na d-tagatózu.

Výzkumu se podrobilo 6 lidí v dobrém zdravotním stavu. Osoby neměly měnit své stravovací návyky ani hygienické opatření úst. Po výplachu tagatózou po dobu 2 minut byly zaznamenávány změny pH, které však nevykazovaly žádné kritické poklesy pH mezizubního plaku (průměrná hodnota 5,7) způsobené bakteriální fermentací d-tagatózy a d-tagatóza byla vyhodnocena jako nekariogenní. Výsledky byly pro kontrolu srovnávány se sacharózou, která se chová na zubní sklovině kariogenní (Nabors 2001).

V několika studiích je naznačeno, že nadměrné množství požití d-tagatózy způsobuje gastrointestinální poruchy, které netrvají déle než 2 týdny (Guerrero-Wyss et al. 2018).

4.1.11 Stévie

Sladidlo stévie pochází z hustého a rozvětveného keře *Stevia rebaudiana Bertonii* čeledi *Asteraceae* (Myint et al. 2020) s přilehlými protilehlými listy, který dorůstá až do výšky 65 cm. Přesto, že je to semivlhkomilná a subtropická rostlina, je možné ji pěstovat i v Evropě na zahrádkách. Rod stévie zahrnuje nejméně 110 druhů, a právě *Stevia rebaudiana* má z nich největší sladivost (Goyal 2009). V dnešní době je známý přírodní zdroj steviol glykosid (Myint et al. 2020). Stévie je známá pod označením E960 a je 200 – 300x sladší než sacharóza (Doležalová 2013). Stévie se stala extenzivním sladidlem až v 70. letech 20. století, a to v Japonsku, přesto pak byla více využívána v Jižní Koreji. *Stevia rebaudiana* je pěstována pro japonský trh v čínských provinciích Zhejiang, Fujian, Guangdong, dále na Tchaj-wanu, ve Vietnamu a Thajsku. Dalším producentem je jižní Brazílie. V Japonsku se stévií sladí více jak 100 druhů potravin (Nabors 2001). Na základě informace Myint et al. 2020 bylo v roce 2018 podle Čínské obchodní komory pro dovoz a vývoz získáno 5700 tun léčivých stéviových glykosidů a hrubá produkce extraktu ze stévie v Číně činila 15000 tun ročně s ročním nárůstem 5 % od roku 2016 (Myint et al. 2020).

Trvalo více jak 60 let, než byla objevena strukturní povaha stévie, která byla objasněna americkým Národním institutem zdraví (National Institute of Health in Bethesda) v Marylandu. Jedna jednotka stévie se vyskytuje jako funkční jednotka d-glukopyranózy vázaná β-glykosidickou vazbou na karboxylovou skupinu a druhá jednotka sforforóza [2-O- (P-d-glukopyranosyl) -d-glukóza] je připojena k alkoholové skupině na aglykonu. Získána byla až v roce 1963 hydrolýzou. Během 70. let byly identifikovány sladké látky. *Stevia rebaudiana* se skládá z glykosidických analogů obsahujících steviolbiosid, rebaudiosid A, B, C, D, E a dulkosid A. Existují důkazy o tom, že rebaudiosid B a steviolbiosid nejsou nativními složkami *S. rebaudiana*, ale vznikají částečnou hydrolýzou během extrakčního procesu (Nabors 2001).

Stévie je bílý krystalický prášek, který má teplotu tání 196–198 ° C. Je velmi rozpustný v ethanolu a téměř nerozpustný ve vodě. Její analog rebaudiosid A je o mnoho více rozpustný než steviosid, protože obsahuje o jednu molekulu glukózy více. Stévie je nejvíce stabilní při teplotě 100 ° C při pH 3–9, přestože se výborně rozkládá v alkalickém prostředí (Nabors 2001).

Při testování metabolismu stévie na potkanech se ukázalo, že pokud byla podávána stévie orálně, část podané stévie byla vyloučena nezměněná ve stolici. Většina byla degradována střevní bakteriální mikrobiotou na steviol, glukózu a steviolbiosid. Steviol byl konjugován v játrech a vyloučen do žluči a absorbovaná glukóza byla metabolizována a vyloučena do vzduchu jako

oxid uhličitý a voda. Ve fekální exkreci bylo zjištěno, že došlo k enterohepatické cirkulaci steviolu. U potkanů, kterým byla podávána radioizotopem značená stévie intravenózně, bylo po dvou hodinách ve žluči přítomno 52 % radiokativity, která pocházela z jodosteviolu (47 % celkové radioaktivity), nezměněného steviosidu (37 %) a neidentifikovaného metabolitu (15 %) (Nabors 2001).

Používání stévie u lidí trpících nemocí diabetes mellitus by mohlo být náhradou nejen sladidel, ale i léčiv z důvodu větší bezpečnosti. Fytochemikálie různých rostlin, které mají antidiabetické vlastnosti, např. polyfenoly, mají významnou roli ve farmakologickém účinku. Mimo to mohou mít fotochemikálie antidiabetické účinky, které se projevují zvýšením aktivity jaterní glukokinázy, jež zvyšuje využití glukózy pro podporu ukládání energie ve formě glykogenu a potlačuje produkci glukózy v játrech. Testy byly prováděny na potkanech Wistar, při nichž byla pozorována redukce krevní glukózy, aspartát transaminázy, alanin transaminázy a zvýšení inzulinu v porovnání s kontrolní skupinou. Těmto potkanům byl podáván prášek z celého listu stévie. U potkanů, kterým byla podávána pouze vláknina ze stévie, nedocházelo ke snížení glukózy v krvi. Závěrem studie bylo, že celé listy stévie mohou potkanům zabránit streptozocinem indukovanému diabetu a současně zmírnit poškození ledvin a jater. Jiná studie s potkany, kterým byly podány vysoké dávky polyfenolů obsažených ve stévii (3,12 %), ukázala snížení albuminu, celkového proteinu a cholesterolu, avšak změny byly pozorovány pouze u samic. U samců nebyly pozorovány žádné změny. Je to zatím jediný výsledek, který je závislý na pohlaví (Myint et al., 2020).

Další studie věnované antidiabetické aktivitě *S. rebaudiana* byla prováděna na 15 lidech, a to na ženách a mužích. Věková kategorie se pohybovala v rozmezí 25–60 let a během testování nebyla použita hypoglykemická léčiva. Stévie byla podávána v podobě prášku, buď v čaji nebo kávě, po dobu 45 dnů. Prvních 15 dní byla podávána stévie v množství 0,5–1,0 g, přičemž postprandiální hladina glukózy (PGL) byla 189,56 mg.dl⁻¹ a hladina glukózy na lačno (FGL) činila 153,54 mg.dl⁻¹. Následujících 15 dní pacienti vysadili stévii ze stravy a FGL a PGL se zvýšily na 208,6 mg.dl⁻¹ respektive 283 mg.dl⁻¹. Posledních 15 dnů dostávali pacienti třikrát denně stévii, pokaždé v dávce 3,0 g. Hladina FGL a PGL byly 195,7 mg.dl⁻¹, respektive 271,3 mg.dl⁻¹. Závěrem je, že *Stevia rebaudiana* snížila hladinu glukózy, ale pro delší dobu užívání, se již hladina glukózy v krvi dále významně nesnižuje (Ruiz-Ruiz et al. 2017).

Chronická, subakutní a akutní toxicita *Stevia rebaudiana* byla testována v Japonsku na potkanech s extrakty stévie s různým obsahem účinné látky (0,31; 0,62; 1,25; 2,5 a 5 %) po dobu 13 týdnů. Po dvouletém testování věnovaném karcinogenitě potkanů byla 5 % koncentrace steviosidu určena jako maximální tolerovaná dávka. U samců byla zjištěna zvýšená aktivita mléčné dehydrogenázy, zvýšená jednobuněčná nekróza jater nebyla považována za specifickou, kvůli nedostatečné odpovědi na dávku. V jiné dvouleté studii, která byla prováděna na potkanech Wistar byla zkoumána chronická toxicita 85 % čistého steviosidu podávaného orálně v koncentracích 0; 0,2; 0,6 a 1,2 %. Po několika diskuzích byl učiněn závěr, že steviosid není pro potkany toxický. Stanovená maximální hladina steviosidu bez nežádoucích účinků byla 1,2 % na základě této studie byl poté stanoven přijatelný příjem pro lidi, a to 7,938 mg na kg a den. Akutní toxicita steviolu byla zkoumána na potkanech, myších a křečcích. Nejvíce toxicky působí steviol na křečky, a to více na samice než samce. Hodnota LD₅₀ je 5,2 g respektive 6,1 g na kg tělesné hmotnosti. Smrt byla zapříčiněna akutním selháním ledvin a degenerací proximálních tubulárních buněk. Hodnoty LD₅₀ pro potkany a myši byly v obou případech 15 g na kg tělesné hmotnosti

(Nabors 2001).

Testy na mutagenitu steviolu byly hodnoceny pomocí kmenů *Salmonella typhimurium* TA98, TA100, TA1538 a TM67 nebo *Escherichia coli* kmen WP2 a nevykazovaly mutagenní účinky. Pouze kmen *Salmonella Typhimurium* TM677 v přítomnosti metabolicky aktivačního systému steviolu, aglykonu sladkých složek, vykazoval mutagenní účinky na játra potkanů. Nemetabolizovaný steviol byl v tomto systému neaktivní. Metabolizovaný steviol vyvolával genovou mutaci, chromozomální mutaci, ale nikoliv reverzní mutaci (Amesův test) při použití kmene *Salmonella typhimurium* TA97, TA98, TA100 a TA102 (Nabors 2001).

Některé studie byly prováděny též k zjištění antikoncepčních účinků, jelikož v 70. letech bylo zjištěno, že Indiáni Paraguayan Matto Grosso využívali stéviu k antifertilním a antikoncepčním účelům. Novější studie byly prováděny na potkanech Wistar, kterým byla žaludeční sondou podávána stévie v denních dávkách až do 1 g na kg tělesné hmotnosti, od 6. do 15. dne těhotenství. Po smrti ve 20. dni bylo zjištěno, že steviosid nezpůsobil žádné abnormality plodu a nebyly pozorovány žádné toxické příznaky u březích potkanů a plodů. Pokud však byla stévie podávána březím křečkům, bylo zjištěno, že dávky 0,75 a 1,0 g na kg tělesné hmotnosti byly toxické jak pro matky, tak pro plody (Nabors 2001)

4.2 Objemová sladidla

4.2.1 Sorbitol

Sorbitol je alkoholický cukr, který se může vyskytovat v potravinách v jakémkoliv množství a používá se více jak 50 let v potravinách. Řadí se mezi první sladidlo „light“ neboli „bez cukru“. Vyrábí se chemicky reakcí redukuujícího cukru s vodíkem (O'Donnell & Kearsley 2012). Jeho chemický název je Glucitol nebo Dulcin a na etiketách se vyskytuje pod označením E420. Jeho sladivost v porovnání se sacharózou je 0,5 – 1krát nižší (Čopíková et al. 2013). Jako první náhradní sladidlo byl používán v celé řadě produktů potravin od pečiva po ovocné konzervy. Měl velké uplatnění hlavně pro diabetiky z důvodu nezvyšování hladiny cukru v krvi (O'Donnell & Kearsley 2012). Jednou ze zajímavostí je využití sorbitolu v produktech Surimi, což je takzvaná napodobenina krabího, humřího a krevetího masa. Surimi se vyrábí z rybího masa pollack, a při přepravě je Surimi maso zmrazováno. Při opakovaném zmrazování a rozmrazování je rybí protein denaturován, čímž se zhoršuje tvorba a síla gelu. K ochraně proteinu v Surimi produktech při zmrazování a rozmrazování se používá kryoprotektant, kterým byla dříve sacharóza. Ta ale občas dodávala Surimi analogu větší sladkost, anebo v Surimi pastách měnila barvu. Jako účinný kryoprotektant se osvědčil sorbitol, který snižoval bod tuhnutí vody a zabraňoval zhoršování textury Surimi kvůli jeho schopnosti udržovat správnou rovnováhu vlhkosti. Krystalický sorbitol lze použít samostatně nebo v kombinaci se sacharózou (Nabors 2001). Nyní je největší uplatnění sorbitolu v ústních vodách a pastách, v nichž se nachází jako sorbitolový sirup. Kromě sirupu se může vyskytovat také jako prášek. Ten se nejvíce uplatňuje v gumách. Další použití má i ve farmaceutickém průmyslu. Jeho největší výhodou je, že je bezpečný pro zuby a že má velmi nízký glykemický index (GI) (O'Donnell & Kearsley 2012).

Práškový sorbitol je bílá krystalická sloučenina. Pro výrobu sorbitolu je výchozí sloučeninou dextróza, ponejvíce získávána ze škrobu. Při výrobě sorbitolu v konvenčním

zpracování se využívá enzymové technologie. Sorbitol se vyrábí ze sirupové dextrózy, která má až 94–96 % dextrózy v sušině. Dextróza se nechá krystalizovat jako monohydrát ke zvýšení čistoty, znovu se rozpustí ve vodě a hydrogenuje. Sorbitol může být dále rozprašován za vzniku prášku. Mezi jeden z posledních postupů při výrobě prášku patří proces odpařování vody za pomoci vakua nebo vysoké teploty. Sorbitol musí tvořit minimálně 95 % sušiny. Poslední fáze výroby je sušení, mletí a prosévání. Dle nařízení EU musí farmaceutické prášky obsahovat 97 % sorbitolu v sušině a potravinářské sladidlo 91 % sorbitolu v sušině. Většina výrobců v EU vyrábí potravinový sorbitol, farmaceutický sorbitol se musí dovážet z USA. Sorbitolový prášek je FDA (americký Úřad pro potraviny a léčiva) uznán jako GRAS a zároveň jako bezpečný. Stejně hodnocení je uvedeno také v lékopisu USA (USP) (O'Donnell & Kearsley 2012).

4.2.2 Mannitol

Mannitol je 6 uhlíkový sladký alkohol, který je isomerem sorbitolu. Je využíván jako rezervní sacharid některými houbami, bakteriemi, hnědými mořskými řasami a vyššími rostlinami (Grembecka 2015). Jeho obchodní název je E421 a sladivost v porovnání se sacharózou je 0,5 – 0,7x nižší (Čopíková et al. 2013). Mannitol je stabilní při vysokých teplotách (165–169 °C), může být použit jako osmotické diuretikum. Je to známý antioxidant, vychytává hydroxylové radikály, a tím chrání před rakovinou tlustého střeva. Vdechovaný mannitol pomáhá hlenu a čistotě kašle u astmatiků a dalších hypersekretových nemocí. Mannitol podléhá hydrataci během oprav endovaskulárního aortálního aneurysma, přičemž může zlepšit funkčnost ledvin (Grembecka 2015).

Vyrábí se katalytickou hydrogenací směsi glukózy a fruktózy (1:1), získané ze škrobu nebo invertního cukru při vysokém tlaku a teplotách. Výťažnost mannitolu je nízká, zisk činí cca 25 %. Při fermentaci bylo použito heterofermentativní bakterií mléčného kvašení, což vede k úplné přeměně d-fruktózy na d-mannitol při mírných podmínkách. Pro výrobu mannitolu byly nedávno také použity cynobakterie, díky tomu, že cukry jsou primární produkty fotosyntézy. Ty se mohou nacházet ve výluzích některých stromů jako jsou modřín, olivy, fíky, dále jedlé houby, droždí a mořské řasy (Grembecka 2015).

Vstřebávání mannitolu je obtížné, hladina glukózy v krvi se proto nezvyšuje. Mannitol je vstřebáván pouze částečně, 25 % z tenkého střeva a není metabolizován. Ve spodní části tlustého střeva mohou bakterie tlustého střeva pomalu metabolizovat část neabsorbovaného podílu, a tak může mít denní dávka přesahující 20 g laxativní účinek. Fermentace mannitolu vede ke vzniku organických kyselin, které lidské tělo může dále využít (Grembecka 2015)

Potraviny slazené mannitolem a sorbitolem jsou značeny v souladu s americkými předpisy „nepodporuje zubní kaz“. Světová zdravotnická organizace pro potravinové přídatné látky (JECFA) přezkoumala bezpečnostní údaje pro mannitol a nově byl stanovený denní příjem (ADI) v rozmezí 0–50 mg.kg⁻¹ (Nabors 2001).

Využívá se v povlacích s čokoládovou příchutí a ve žvýkačkách, a to jak ve vnitřní části, tak v prášku, který je na povrchu. Význam mannitolu spočívá v tom, že je nehygroskopický, a tím chrání gumu před nasáknutím vlhkostí a lepivostí, čímž se zabraňuje jejímu přilepení na obal žvýkačky. Dále je využíván ve farmaceutických a výživových tabletách (Nabors 2001). V porovnání se sorbitolem je mannitol méně hygroskopický, a proto je s ním snadnější

manipulace, avšak náklady na jeho výrobu jsou vyšší než u sorbitolu. Mannitol je jedním z nejméně rozpustných polyolů, ve 100 g vody při 25 °C se rozpustí pouze 22 g mannitolu (beta polymorf), zatímco za stejných podmínek se ve 100 g vody rozpustí 235 g sorbitolu (O'Donnell & Kearsley 2012).

Viskozita mannitolu i sorbitolu se lehce liší oproti fruktóze a dextróze při stejném poměru pevných látek. Nekrystalizující sorbitolové sirupy mají vyšší viskozitu (O'Donnell & Kearsley 2012).

4.2.3 Isomalt

Isomalt je nízkokalorické sladidlo podobné vlastnostmi sacharóze, je bez zápachu a nehygroskopické. Je to neredukující cukr, který je opticky aktivní. V porovnání se sacharózou je z hlediska na chemické a enzymatické hydrolýzy extrémně (Sträter 1988). Jeho sladivost v porovnání se sacharózou je poloviční (Čopíková et al. 2013). Isomalt je vyráběn a prodáván německou firmou Palantinit GmbH, která sídlí v Mannheimu. Pro konkrétní výrobky, byly vyvinuty různé typy isomaltu, a to isomalt-ST, isomalt-GS, isomalt-DC, isomalt-HB a isomalt-LM. Nejužívanější a nejznámější je isomalt-ST (standard) (Bolhuis et al. 2009). Obchodní název isomaltu je Palantinit, anebo může nést označení E953 (Čopíková et al. 2013). Má čistou sladkou chuť podobající se sacharóze bez žádné „dochuti“. Isomalt má synergické účinky, pokud se kombinuje s jinými alkoholickými cukry, např. sorbitolem, mannitolem a xylitolem, nebo hydrogenovaným škrobovým sirupem či maltitolovým sirupem) a sladidly vysoké intenzity například sukralózou, cyklamátem, sacharinem, aspartamem a acesulfamem K). Kromě toho, že působí synergicky s jinými sladidly, umí maskovat nahořklou až kovovou chuť některých intenzivních sladidel (Nabors 2001). Isomalt je jediné objemové sladidlo, které je získáváno pouze ze sacharózy. Je vyráběn dvoustupňovým procesem, při kterém je řepný cukr nejprve enzymaticky transformován transglukosidací na isomaltulózu a redukující disacharid (6-0-a-d-glukopyranosyl-d-fruktózu). Následně je isomaltulóza hydrogenována na isomalt. Isomalt je složen z 6-a-d-glukopyranosyl-d-sorbitolu (1,6-GPS) a 1-O-a-glukopyranosyl-d-mannitol dihydrátu (1,1-GPM dihydrát) (Schiweck 1980). Poměr GPM a GPS je závislý na typu isomaltu (Nabors 2001).

Některé cukerné alkoholy, používané jako náhražky cukru mají vysoké záporné rozpouštěcí teplo, což zapříčiňuje chladící pocit v ústech, pouze ale v pevném nebo krystalickém stavu. Tento účinek je velmi žádoucí u produktů s příchutí mentolu nebo máty peprné. Záporné rozpouštěcí teplo isomaltu-ST leží mezi rozpouštěcími tepley GPM a GPS. Isomalt nemá negativní rozpouštěcí teplo jako sacharóza a chladící účinek nevyvolává (Bolhuis et al. 2009).

Přestože má isomalt při většině teplot rozpustnost srovnatelnou se sacharózou, při teplotě 20 °C je jeho rozpustnost 24,5 g ve 100 g roztoku. Isomalt-ST je pro aplikace vyžadující jeho rozpouštění ve vodě vhodnější a jeho rozpustnost se zvyšuje při vyšších teplotách. Nejvyšší rozpustnost má isomalt GS, a to 41,5 g ve 100 g roztoku při teplotě 20 °C (O'Donnell & Kearsley 2012).

Isomalt je odolný vůči chemické degradaci díky své stabilní vazbě 1-6 mezi mannitolovou nebo sorbitolovou skupinou a glukózovou skupinou. Pokud je vodný roztok zahříván nad bod varu nebo čistá krystalická látka nad bod tání, nejsou pozorovány žádné změny v jeho molekulární struktuře. Během tavení nedochází k žádné změně barvy nebo žádné karamelizaci. Obecně žádný

isomalt nereaguje s ostatními složkami jako jsou například aminokyseliny za vzniku Maillardových reakcí. Stabilita isomaltu byla měřena kyselou hydrolyzou v 1 % kyselině chlorovodíkové při 100 °C. Současně byla testována i sacharóza, která byla hydrolyzována do 5 minut, na druhé straně isomalt byl hydrolyzován až po 5 hodinách. I v alkalickém prostředí vykazuje izomalt výrazně vyšší odolnost vůči hydrolyze (Nabors 2001).

Lidské tělo metabolizuje monosacharidy pomocí stěny v tenkém střevě. Naproti tomu isomalt, který obsahuje glykosidickou vazbu, nelze metabolizovat. Isomalt je zkvašován až v tlustém střevě (Thiebaud et al. 1984)

Některé sacharidy (laktóza, dietní vláknina) a cukerné alkoholy jsou těžce stravitelné a jejich větší spotřeba může vést k projímání. Příčinou je pomalý proces degradace v gastrointestinálním traktu. U tohoto problému není určena pro jednotlivé sacharidy mez tolerance, která závisí na několika faktorech:

- 1) Individuální citlivosti
- 2) Přizpůsobení cukerným alkoholům (při vyšším příjmu je větší tolerance)
- 3) Okamžiku spotřeby. Tolerance člověka je ovlivněna stravou a psychickou pohodou (emoce)
- 4) Formě, ve kterém je sacharid přijímán (v tekuté stravě je nesnášenlivost vyšší než v pevném skupenství)

Několik studií prokázalo, že hladina inzulínu a glukózy v krvi u lidí po perorálním příjmu izomaltu nevzrůstá nebo vzrůstá minimálně. Isomalt je vhodné náhradní sladidlo pro diabetiky (Nabors 2001).

Udávaná energetická hodnota isomaltu se v různých zemích liší. Například energetická hodnota ve Spojených státech a Kanadě odpovídá 2,0 kcal.g⁻¹, v Austrálii 2,15 kcal.g⁻¹, v Japonsku 2,0 kcal.g⁻¹ a v Evropské unii se udává hodnota 2,4 kcal.g⁻¹ (Nabors 2001).

Isomalt obdržel ve Spojených státech amerických (FDA) zdravotní schválení, které zahrnuje nařízení o zdravotních tvrzeních. V Evropské unii EFSA vyhodnotil hodnocení vztahující se na zubní zdraví a dospěl k závěru, že isomalt může udržovat mineralizaci zubů (O'Donnell & Kearsley 2012). Denní povolená dávka byla zvolena na „neurčeno“, což je nejbezpečnější hodnocení potravinových látek (Bolhuis et al. 2009).

4.2.4 Laktitol

Laktitol je sladce chutnající cukrový alkohol získaný z laktózy. Vyrábí se redukcí glukózové části diasacharidu. Jeho jiný název je laktit, laktositol a laktobiosit (Nabors 2001). Na etiketách je značen symbolem E966 nebo názvem Galaktosyl-glucitol (Čopíková 2013).

Laktitol je vyráběn hydrogenací 30–40 % roztoku laktózy při 100 °C pomocí Raneyova niklového katalyzátoru. Reakce je prováděna v autoklávu při tlaku vodíku 40 i více barů. Po sedimentaci katalyzátoru je hydrogenovaný roztok filtrován a je čištěn pomocí aktivního uhlí a iontoměničových pryskyřic. Čistý roztok laktitolu je poté koncentrován a ponechán k vykryštalizování (Wijnman et al. 1983).

Světová zdravotnická organizace (WHO)/Organizace pro výživu a zemědělství (FAO) schválily v roce 1983 laktitol jako potravinářskou přídatnou látku. Jeho přijatelný denní příjem (ADI) „není specifikován“ (FAO/WHO Expert Committee on Food Additives 1983).

Laktitol není hydrolyzován ani absorbován v tenkém střevě, je metabolizován bakteriemi až v tlustém střevě, v němž se mění na mléčnou kyselinu, mastné kyseliny s krátkým řetězcem, oxid uhličitý a malé množství H_2 . Tomu jsou nápomocny bakterie *Bifidobacteria* a *Lactobacillus spp* (Ballongue et al. 2016)

Bylo testováno dvacet devět pacientů s diagnostikovanou chronickou zácpou. Všem pacientům byl podáván laktitol po dobu dvou týdnů a při tom zaznamenáván deník zácpy. Vzorky stolice byly odebírány před a po podávání laktitolu, poté bylo provedeno rRNA sekvencování a polymerázová řetězová reakce (PCR) v reálném čase pro detekci střevní mikrobioty. Na základě výzkumu byl vysloven závěr, že došlo ke změně složení fekální bioty a po požití laktitolu se rozmnožily bakterie rodu *Bifidobacterium* a následně se zmírnily příznaky zácpy. Laktitol je tedy vhodným kandidátem jako prebiotikum (Li 2020).

Spotřeba laktitolu neovlivňuje zvýšení hladiny glukózy v krvi nebo inzulínu, což je žádoucí po lidech postižených diabetem mellitus. Energetické výdaje byly stanoveny maximálně na $2 \text{ kcal} \cdot \text{g}^{-1}$ nebo $8,4 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$

Laktitol je pomalu přeměňován bakteriemi zubního plaku na organické kyseliny (mléčnou kyselinu), což znamená, že nepodporuje vznik zubního kazu a splňuje tím švýcarské předpisy pro „bezpečné pro zuby“ a dané zdravotní tvrzení USA „nepodporuje zubní kaz“ (Ballongue et al. 2016).

Laktitol je polyol s devíti OH-skupinami, který může být esterifikován mastnými kyselinami za vzniku emulgátorů nebo může reagovat s propylenoxidem za vzniku polyurethanů. V důsledku nepřítomnosti karbonylové skupiny je laktitol chemicky stabilnější než disacharidy, např. laktulóza. Laktitol v přítomnosti zásady je také mnohem stabilnější než laktóza, zatímco v přítomnosti kyseliny je jeho stabilita velmi podobná laktóze. Nepřítomnost karbonylové skupiny znamená, že se laktitol neúčastní neenzymatických reakcí hnědnutí (Maillardových reakcí). Výbornou stabilitu mají 10% roztoky laktitolu, v rozmezí pH 3,0 – 7,5 při 60 °C nevykazuje rozklad ani po 1 měsíci skladování, po 2 měsících při pH 3,0 se však rozložilo cca 15 % laktitolu. Při vyšším pH k rozkladu nedochází. Hydrolytický rozklad laktitolu je pozorován se zvyšující se kyselostí a teplotou. Hlavními produkty rozkladu jsou galaktóza a sorbitol. Při vysokém pH je laktitol stabilní až při teplotě 105 °C. Při teplotách 170–240 °C se laktitol částečně mění na bezvodé deriváty (laktitan), sorbitol a nižší polyoly (Nabors 2001).

Sladkost polyolu v konečném produktu je výrazně ovlivněna rozpustností. Vysoce rozpustné polyoly vykazují rychlý nástup a dopad sladkosti, zatímco špatně rozpustné polyoly mohou poskytovat jemnější a delší prodlužující sladkost. Rozpustnost všech polyolů se zvyšuje s teplotou. Laktitol má lepší rozpustnost v porovnání se sacharózou, což je výhoda ve výrobním procesu a je proto z technologického hlediska snadnější používat laktitol než řepný cukr (O'Donnell & Kearsley 2012).

Laktitol má podobný účinek na teplotu varu vody jako sacharóza, čehož je využíváno ve větším množství potravin, jako jsou džemy a tvrdé bonbóny. Laktitol je mnohem méně hygroskopický než sacharóza a je nejméně hygroskopický ze všech cukerných alkoholů s výjimkou mannitolu. Pouze za přísných okolností bude laktitol absorbovat vodu. Laktitol je vhodný pro všechny aplikace, ve kterých je absorpce vody kritickým parametrem, jako jsou pekárenské výrobky, tablety a rýžové cukrovinky. Laktitol je ideální jako poprašovací prostředek pro žvýkačky a tvrdé bonbóny. V křupavém pečivu je díky nízké hygroskopicitě laktitolu uchovávaná čerstvost po výrazně delší dobu, ale naopak dorty by v receptu při použití laktitolu

vyžadovaly zvlhčovač, aby byla zajištěna příjemná a vlhká trvalá textura (O'Donnell & Kearsley 2012).

4.2.5 Erythritol

Erythritol je jediné nekalorické sypké sladidlo, které se nachází v mnoha druzích zeleniny a ovoce, takže je konzumován od té doby, kdy lidé přišli s touto potravou do kontaktu (Moon et al. 2010). Erythritol byl poprvé izolován z řasy *Protococcus vulgaris* (nyní se nazývá *Apatococcus lobatus*) v roce 1852 a látka byla pojmenována phycit. Později byl erythritol izolován z řas *Trentepohlia jolithus*. Na začátku 80. let v době, kdy byla velmi populární přírodní strava a bylo známo, že mannitol, xylitol, sorbitol, erythritol a glycerol mohou být produkovány mikroorganismy, byl zahájen výzkumný projekt zaměřený na fermentaci různých polyolů. Při tomto výzkumu byl pozorován kmen kvasinek, který byl schopen produkovat značné množství erythritolu. V jiném výzkumu bylo prokázáno, že erythritol neobsahuje žádné kalorie a je nestravitelný. Díky těmto dvěma vlastnostem se sladidlo uplatnilo na trhu v Japonsku a bylo schváleno začátkem 90. let. Společnost Cerestar zlepšila výtěžek erythritolu tím, že vyvinula fermentační proces za použití přírodních surovin. Masivní výroba erythritolu začala v Japonsku v roce 1993. V té době byl zahájen program s cílem získat potravinové schválení v Austrálii, Severní Americe a Evropě. V dnešní době je erythritol povolen pro použití do potravin ve více jak 55 zemích (O'Donnell & Kearsley 2012).

Erythritol patří do skupiny cukerných alkoholů (polyolů), které vznikají hydrolyzou ketonů nebo aldehydů. Polyoly se přirozeně nachází v zelenině, ovoci, houbách a fermentovaných potravinách například sójové omáčce. Skládá se pouze ze čtyř atomů uhlíku, a proto má nejmenší molekulovou hmotnost ze všech cukerných alkoholů, což je spojeno s jeho mírně odlišnými fyzikálními a chemickými vlastnostmi. Erythritol tvoří symetrickou molekulu, a proto existuje pouze v jedné formě, tj. mesoformě (Regnat 2018). Je znám pod označením E968 (Čopíková et al. 2013). Erythritol vytváří bezvodé krystaly se střední sladivostí, odpovídající 60–80 % sacharózy. Synergicky působí erythritol s intenzivnějšími sladidly v důsledku absence jakékoli dochuti. Erythritol není příliš žádaný pro intenzitu sladkosti, ale především kvůli zlepšení pocitu v ústech, kde je schopen maskovat nežádoucí pachutě jiných sladidel vyvolávající např. dráždivý účinek. Při rozpouštění v ústech vykazuje velice silný chladicí účinek, což způsobuje vysoké negativní rozpouštěcí teplo. Používá se ve směsi se sukralózou a je to jediný polyol, který není kalorický a neposkytuje danému tělu žádnou energii (Regnat 2018).

Erythritol je absorbován z proximálního střeva pasivní difúzí. V důsledku toho, že erythritol je molekula se 4 atomy uhlíku, prochází střevními membránami rychleji než větší molekuly, např. xylitol, který obsahuje 5 atomů uhlíku a sorbitol obsahující 5 atomů uhlíku. Rozsah absorpce lze snadno identifikovat, jelikož absorbovaná frakce nepodstupuje systémový metabolismus a následovně je vyloučena v nezměněné formě močí. Důsledek toho je, že kvantifikace vylučování erythritolu je reprezentativní za předpokladu, že doba odběru moči je dlouhá 24 až 72 hodin. U lidí a zvířat bylo stanoveno, že absorbovaná frakce tvoří až 90 %, v některých případech i více. Absorbovaný erythritol je distribuován po celém těle krví, ve které se nachází do hodiny po požití. Studie s erythritolem 11 obsahujícím 13 atomů uhlíku, který byl podáván lidem v dávce 25 g.den⁻¹, což odpovídá vysokému koncovému uživateli, ukázaly, že se množství erythritolu 11 se na konci pokusu nezmenšilo, což potvrzuje, že erythritol nebyl ani

metabolizován v těle, ani fermentován v dolním tlustém střevě. Neschopnost fekální mikrobioty fermentovat erythritol byla potvrzena v in vitro inkubačních studiích (O'Donnell & Kearsley 2012).

Nekariogenita erythritolu byla prokázána různými metodami. Jednou z těchto metod byla *in vitro* inkubace s použitím bakterií kmene *Streptococcus*, která ukázala, že ani mléčná kyselina, ani jiné organické kyseliny nejsou produkovány erythritolem (Livesey 2003). Obdobně se ve stejných podmínkách choval xylitol. Naopak sorbitol, mannitol, maltitol, isomalt a laktitol vykazovaly po inkubaci produkci malého množství kyselin. Streptokoky nejsou schopny metabolizovat erythritol, a proto nemohou produkovat glukosyltransferázu, která jim umožňuje syntetizovat nerozpustný materiál glukanového plaku, který se usazuje na sklovitém povrchu. Ke kontrole syntézy plaku byla využita sacharóza. Jako referenční metoda pro měření potenciálu kariogenity se využívá zkouška plakem pH *in vivo*. Tento test je založen na tvorbě organických kyselin v zubním plaku po vystavení fermentovatelným dietním sacharidům. V testu se měří odpovídající snížení pH plaku. Obecně se předpokládá, že pokud potravina způsobuje nízké pH, způsobuje zubní kaz. Za rizikové se považuje $\text{pH} \leq 5,7$ (O'Donnell & Kearsley 2012).

Polyoly mají mnoho hydroxylových skupin, a proto jsou výbornými vychytávací hydroxylových radikálů. U lidí a zvířat má tento potenciál polyolů omezení, avšak s výjimkou erythritolu. Erythritol je metabolizován a cirkulován v celém těle a je vysoce biologicky dostupný, takže je schopen vykonávat svou radikálovou úklidovou aktivitu. Na základě toho byly vyhodnoceny antioxidační a endothelové ochranné účinky erythritolu. Vaskulární stav je závislý na endotelovém stavu, který reguluje zánětlivé reakce a cévní tonus. Apoptóza (programovaná buněčná smrt) endotelových buněk indukovaná vysokým množstvím glukózy hraje prostřednictvím reaktivního kyslíku velmi důležitou roli v cévních onemocněních spojených s diabetem a aterosklerózou. V testech bylo vyhodnoceno, že erythritol je vynikající „vychytávač“ hydroxylových radikálů a chemicky inhibuje indukovanou hemolýzu (Hartog 2009).

4.2.6 Xylitol

Xylitol je polyol s pěti atomy uhlíku (Hyvoenen 1977), který má srovnatelnou sladivost jako sacharóza (Čopíková et al. 2013) a také vykazuje velmi podobný časový profil vjemu sladké chuti jako sacharóza (Munton 1985). V dnešní době je xylitol vyráběn redukcí čisté xylózy, získané z tvrdého dřeva za přítomnosti katalyzátoru Raneyova niklu. Proces vyžaduje několik následných kroků, vycházejících z celkového obsahu xylanu v hemicelulóze dřeva. V dnešní době je produkce xylitolu mezi 20000 a 40000 t ročně s tržní hodnotou 40–80 milionů EUR. Byla studována alternativa pro průmyslovou výrobu, a to s použitím kvasinek kmene *Saccharomyces cerevisiae* nebo *Candida*. Biotechnologická metoda však doposud nebyla schopna překonat výhody chemické dehydrogenace (Granström 2007). Xylitol se prodává pod obchodním názvem „Birch sugar“ nebo ho lze nalézt pod značením E967 (Čopíková et al. 2013). Xylitol může být kombinován s jinými polyoly, a tím je schopen poskytovat větší sladivost. Například směs xylitolu a sorbitolu v poměru 60:40 ve žvýkačce nebo směs sladidel maltitolu a xylitolu v čokoládě v poměru 80:20 vykazují stejnou sladivost jako produkty slazené řepným cukrem. Xylitol je možné kombinovat i s intenzivními sladidly, ve kterých

napomáhá k čistší až zaoblenější celkové chuti. Sladivosti xylitolu lze využít i v produktech, v nichž se používá aspartam v kombinaci s aromatickými látkami na bázi aldehydu, neboť bylo zjištěno, že aldehydové skupiny ve spojení s aspartamem snižují vnímání sladkosti (O'Donnell & Kearsley 2012).

V současné době je xylitol využíván jako sladidlo zejména v nekariogenních cukrovinkách (bonbóny, čokolády, žvýkačky) a méně často pak v dietetických potravinách, v kosmetice (zubní pasta a voda) a farmaceutických přípravcích (tablety, sirup proti kašli a krční pastilky). Jeho využití v nízké koncentraci je i ve vybraných nealkoholických nápojích pro zlepšení sladkého pocitu v ústech. Xylitol je možné přidávat do různých pečiv, ale je-li požadována kůra, neenzymatické zhnědnutí nebo karamelizace, je nutné přidat redukující cukr. Není vhodným sladidlem pro výrobky obsahující kvasnice, jelikož xylitol inhibuje růst a fermentační aktivitu kvasinek (Winkelhausen & Kuzmanova 1998).

Krystalický xylitol vykazuje chladicí účinek, což je důsledkem vysokého záporného rozpouštěcího tepla, obdobně jako u výše zmíněného isomaltu. Tato vlastnost je nejvíce využívána u žvýkaček bez cukru, žvýkacích vitamínů a lisovaných cukrovinek. Chladivá chuť xylitolu především zvyšuje chuť máty a celkově přispívá k osvěžujícímu chladu. Tato organoleptická vlastnost není tolik vnímána u produktů, ve kterých je xylitol rozpuštěn (ústní vody a zubní pasty) nebo v produktech, v nichž je xylitol v amorfní formě například ve vařených transparentních bonbónech a želé (Nabors 2001).

Stabilita xylitolu není ovlivněna pH, a proto jej lze použít v širokém rozmezí pH 1–11. Rozpustnost sladidla má významný vliv na nástup a vnímání sladkosti a chladivého pocitu (v případě sladidel s vysokým negativním rozpouštěcím teplem). Molekula xylitolu obsahuje pět hydroxylových skupin a má silnou afinitu k vodě, díky čemuž je snadno rozpustný ve vodných roztocích (vlastnost sdílená mnoha jednoduchými sacharidy). Rozpustnost xylitolu je podobná rozpustnosti sacharóze při pokojových teplotách a vyšší než sacharóza při zvýšených teplotách. To také umožňuje vytváření roztoků s velmi vysokým obsahem pevných látek při zvýšených teplotách, což je vlastnost, která je obzvláště výhodná při postupech tvrdého potahování, v nichž mohou být použity roztoky povlaků s vysokým obsahem pevných látek pro významné zkrácení doby procesu. Xylitol je rozpustný také v ethanolu (1,2 g.100 g⁻¹ roztoku). Stejně jako ve vodných roztocích se jeho rozpustnost zvyšuje při zvýšených teplotách, například xylitol je volně rozpustný v ethanolu a methanolu při teplotě 50 °C (14,0 respektive 16,0 g.100 g⁻¹ roztoku) (O'Donnell & Kearsley 2012).

Xylitol, jako cukerný alkohol na bázi monosacharidu má nižší viskozitu v roztoku než sacharóza při jakékoliv dané teplotě nebo koncentraci. Proto může kompenzovat nižší viskozitu v určitých aplikacích sníženým obsahem vlhkosti nebo zvýšením množství složek s vysokou molekulovou hmotností nebo gelujících činidel. Naopak nízká viskozita xylitolu může pomoci snížit viskozitu cukrovinek obsahujících složky s vysokou molekulovou hmotností.

Xylitol lze metabolizovat dvěma způsoby, a to přímým metabolismem absorbovaného xylitolu v savčím organismu v játrech, nebo nepřímým metabolismem za pomoci fermentační degradace neabsorbovaného xylitolu střevní biotou (Nabors 2001).

Přehled sladivostí v porovnání se sacharózou (Čopíková et al. 2013)

Sladivost přibližně stejná = 1, sirupy jsou přepočteny na sušinu	
Med	1,1
Fruktóza	1,7
Javorový sirup	1
Kukuřičný sirup (HFCS) 42 %	1,1
HFCS 55 %	1,2
HFCS 90 %	1,6
Trehalóza	0,45
Aspartam	180
Sacharin	300
Thaumatín	2
Acesulfam K	200
Cyklamáty	40
Sukralóza	600
Neotam	8
Neohesperidin dihydrochalkon	1900
Alitam	2000
Tagatóza	0,92
Stevia	300
Sorbitol	0,55
Mannitol	0,5
Isomalt	0,5
Laktitol	0,4
Erythritol	0,65
Xylitol	1

Zdroj: Vlastní zpracování, 2020, dle Čopíková 2013

5 Diabetes mellitus

Diabetes mellitus je metabolické hyperglykemické onemocnění způsobené poruchou sekrece inzulínu, nebo špatným působením inzulínu nebo obojím. Chronická hyperglykémie diabetu je spojena s dlouhodobým poškozením, selháním orgánů (oči, ledviny, nervy, srdce a krevní cévy) (Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus 2013).

Absencí přísunu inzulínu je porušen transport glukózy z krve do buňky, což vede k nadbytku glukózy v krvi a intracelulárnímu nedostatku glukózy, proto přichází na řadu lipolytické štěpení triacylglycerolů na glycerol a mastné kyseliny. Dále nastává odbourávání mastných kyselin β -oxidací a vzniká nadbytek acetyl-CoA, z něhož vzniká v játrech acetacetát, který slouží jako zdroj energie. Diabetes mellitus I. Typu se projevuje nedostatkem sekrece inzulínu, v Langerhansových

ostrůvcích se netvoří. Toto onemocnění je převážně od dětství a lidé trpící touto nemocí si musí podávat inzulín uměle. Diabetes mellitus typu II. Je mnohem častější onemocnění než diabetes typu I a je způsobeno kombinací rezistencí působení inzulínu a nedostatečné sekreci inzulínu. V pozdějším stádiu Diabetu typu II může docházet k úplné absenci inzulínu. Diabetes mellitus typu II člověk získává až ve středním až pozdějším věku. Je to způsobeno nadměrným příjmem vysoce energetických jídel, které obsahují monosacharidy. Jednoduché cukry mají vysoký glykemický index (GI = plocha pod křivkou glykémie během dvou hodin po požití dané potravy) a způsobují vyšší hladinu glukózy v krvi, v té chvíli je z pankreatu uvolňován inzulín a jeho produkce se začne navyšovat (Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus 2013), proto jsou cukrovkářům zakázána jídla obsahující monosacharidy, například glukóza má GI 100 (Čopíková et al. 2013).

6 Závěr

Produkty obsahující přírodní sladidla jsou z výživového hlediska lepší, jelikož obsahují více aminokyselin, proteinů, minerálních látek, vitamínů a antioxidantů. Všechny tyto složky jsou nezbytné pro člověka a některé z nich si lidské tělo neumí samo vyrobit, musí být tedy přijímány potravou. Jsou to esenciální aminokyseliny, které se nachází v medu. Mezi ně patří valin, leucin, izoleucin, threonin, methionin, lysin, fenylalanin a tryptofan. Mezi další pozitivní účinky přírodních sladidel patří protirakovinné, protizánětlivé, antineurodegenerativní, antimutagenní a probiotické účinky, tyto vlastnosti se týkají především javorového sirupu. Probiotické vlastnosti vykazuje však i syntetické sladidlo vyrobené hydrogenací laktózy, tedy laktitol, jelikož při výzkumech s tímto sladidlem bylo ve fekální biotě pozorováno zmožení bakterií rodu *Bifidobacterium*.

Většina přírodních sladidel v porovnání se syntetickými má velký vliv na kažení chrupu, což způsobují bakterie na zubní sklovině, které dané sladidlo fermentují a následně klesne pH pod hodnotu 5,7. Další pozitivní účinek syntetických sladidel je, že se při jejich konzumaci nepřibírá na váze, jelikož většinou nejsou ukládána a metabolizována. Jsou tedy vyloučena z organismu v nezměněné formě. Tato sladidla používají především lidé, kteří jsou sportovně aktivní nebo drží různé druhy diet. Kromě těchto skupin lidí, uměle slazené produkty konzumují lidé trpící nemocí Diabetes mellitus.

Pokud je člověk zdravý, není důvod plně nahrazovat přírodní sladidla synteticky vyrobenými, ale zároveň je třeba dbát na to, aby jednoduché cukry byly co nejvíce omezeny, a tím bylo předcházeno nemoci Diabetes mellitus typu II. Vhodné je z tohoto důvodu konzumovat sladidla, která mají nízký glykemický index. Jedná se hlavně z přírodních sladidel o fruktózu a med.

7 Literatura

- Al-Hooti SN, Sidhu JS, Al-Saqer JM, Al-Othman A. 2002. Chemical composition and quality of date syrup as affected by pectinase/cellulase enzyme treatment. *Food Chemistry* **79**:215-220. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814602001346>
- Almasaudi SB, Al-Nahari AAM, Abd El-Ghany ESM, Barbour E, Al Muhayawi SM, Al-Jaouni S, Azhar E, Qari M, Qari YA, Harakeh S. 2017. Antimicrobial effect of different types of honey on *Staphylococcus aureus*. *Saudi Journal of Biological Sciences* **24**:1255-1261. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1319562X16300870>
- Almståhl A, Lingström P, Eliasson L, Carlén A. 2013. Fermentation of sugars and sugar alcohols by plaque *Lactobacillus* strains. *Clinical Oral Investigations* **17**:1465-1470. Available at <http://link.springer.com/10.1007/s00784-012-0832-z>
- Alvarez-Suarez JM, Giampieri F, González-Paramás AM, Damiani E, Astolfi P, Martínez-Sánchez G, Bompadre S, Quiles JL, Santos-Buelga C, Battino M. 2012. Phenolics from monofloral honeys protect human erythrocyte membranes against oxidative damage. *Food and Chemical Toxicology* **50**:1508-1516. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0278691512000695>
- Ball DW. 2007. The Chemical Composition of Maple Syrup. *Journal of Chemical Education* **84**. Available at <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ed084p1647>.
- Ballongue J, Schumann C, Quignon P. 2016. Effects of Lactulose and Lactitol on Colonic Microflora and Enzymatic Activity. *Scandinavian Journal of Gastroenterology* **32**:41-44. Available at <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00365521.1997.11720716>
- BeMiller JN. 2018. *Carbohydrate chemistry for food scientists* 3rd edition. Elsevier, Cambridge, MA.
- Bogdanov S, Jurendic T, Sieber R, Gallmann P. 2008. Honey for Nutrition and Health: A Review. *Journal of the American College of Nutrition* **27**:677-689. Available at <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07315724.2008.10719745>.
- Bolhuis GK, Engelhart JJP, Eissens AC. 2009. Compaction properties of isomalt. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics* **72**:621-625. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0939641109001052>
- Braune A, Engst W, Blaut M. 2005. Degradation of Neohesperidin Dihydrochalcone by Human Intestinal Bacteria. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **53**:1782-1790. Available at <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf0484982>.
- Codex stan 12-1981. 2001. Codex standard for honey.

- Čopíková J, Moravcová J, Wimmer Z, Opletal L, Lapčík O, Drašar P. 2013. Náhradní sladidla. *Chemické listy* 107: 867-874.
- da Silva PM, Gauche C, Gonzaga LV, Costa ACO, Fett R. 2016. Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry* **196**:309-323. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814615013941>.
- den Hartog GJM, Boots AW, Adam-Perrot A, Brouns F, Verkooijen IWCM, Weseler AR, Haenen GRMM, Bast A. 2010. Erythritol is a sweet antioxidant. *Nutrition* **26**:449-458. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/>.
- Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. 2009.. *Diabetes Care* **33**:S62-S69. Available at <http://care.diabetesjournals.org/cgi/doi/10.2337/dc10-S062>.
- Doležal M. 2009. Sladidla používaná ve farmacii a potravinářství. 2. Syntetická sladidla. *Praktické lékařství* 5: 29-31.
- Doležalová A. 2013. Stévie místo cukru. Dona, České Budějovice.
- Eggleston G. 2019. History of Sugar and Sweeteners. 63-74 in *Chemistry's Role in Food Production and Sustainability: Past and Present*. American Chemical Society, Washington, DC. Available at <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/bk-2019-1314.ch005>.
- Erejuwa OO, Sulaiman SA, Wahab MSA. 2012. Honey - A Novel Antidiabetic Agent. *International Journal of Biological Sciences* **8**:913-934. Available at <http://www.ijbs.com/v08p0913.htm>.
- Farahnaky A, Mardani M, Mesbahi G, Majzoobi M, Golmakani MT. 2016. Some Physicochemical Properties of Date Syrup, Concentrate, and Liquid Sugar in Comparison with Sucrose Solutions. *Journal of Agricultural Science and Technology* **18**:657-668.
- Gardener H, Elkind MSV. 2019. Artificial Sweeteners, Real Risks. *Stroke* 50: 549-551.
- Gent JF, Bartoshuk LM. 1983. Sweetness of sucrose, neohesperidin dihydrochalcone, and saccharin is related to genetic ability to taste the bitter substance 6- n -propylthiouracil. *Chemical Senses* **7**:265-272. Available at <https://academic.oup.com/chemse/article-lookup/doi/10.1093/chemse/7.3-4.265>
- González-Montemayor Á-M, Flores-Gallegos AC, Serrato-Villegas LE, López-Pérez MG, Montañez-Sáenz JC, Rodríguez-Herrera R. 2019. Honey and Syrups: Healthy and Natural Sweeteners with Functional Properties. 143-177 in *Natural Beverages*. Elsevier. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128166895000067>.
- Goran MI, Plows JF, Ventura EE. 2019. Effects of consuming sugars and alternative sweeteners during pregnancy on maternal and child health: evidence for a secondhand sugar effect. *Proceedings of the Nutrition Society* 78: 262-271.

- Goyal SK, Samsher, Goyal RK. 2009. Stevia (*Stevia rebaudiana*) a bio-sweetener: a review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* **61**:1-10. Available at <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/09637480903193049>.
- Granström TB, Izumori K, Leisola M. 2007. A rare sugar xylitol. Part II: biotechnological production and future applications of xylitol. *Applied Microbiology and Biotechnology* **74**:273-276. Available at <http://link.springer.com/10.1007/s00253-006-0760-4>.
- Grembecka M. 2015. Sugar alcohols—their role in the modern world of sweeteners: a review. *European Food Research and Technology* **241**:1-14. Available at <http://link.springer.com/10.1007/s00217-015-2437-7>.
- Guerrero-Wyss M, Durán Agüero S, Angarita Dávila L. 2018. D-Tagatose Is a Promising Sweetener to Control Glycaemia: A New Functional Food. *BioMed Research International* **2018**:1-7. Available at <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2018/8718053/>.
- Gupta M. 2018. Sugar Substitutes: Mechanism, Availability, Current Use and Safety Concerns-An Update. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences* **6**:1888-1894. Available at <https://spiroski.migration.publicknowledgeproject.org/index.php/mjms/article/view/oamjms.2018.336>.
- Hannou SA, Haslam DE, McKeown NM, Herman MA. 2018. Fructose metabolism and metabolic disease. *Journal of Clinical Investigation* **128**:545-555. Available at <https://www.jci.org/articles/view/96702>
- Haroun M, Haider N. 2018. Artificial sweeteners and their safety. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences* **11**:176 - 182.
- Hermosín I, Chicón RM, Dolores Cabezudo M. 2003. Free amino acid composition and botanical origin of honey. *Food Chemistry* **83**:263-268. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030881460300089X>.
- Horne J. 2002. Bitter Taste of Saccharin and Acesulfame-K. *Chemical Senses* **27**:31-38. Available at <https://academic.oup.com/chemse/article-lookup/doi/10.1093/chemse/27.1.31>
- Hyvönen L, Koivistoinen P, Voirol F. 1982. Food Technological Evaluation of Xylitol. 373-403 in *Advances in Food Research* Volume 28. Elsevier. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0065262808601147>.
- Chattopadhyay S, Raychaudhuri U, Chakraborty R. 2014. Artificial sweeteners – a review. *Journal of Food Science and Technology* **51**:611-621. Available at <http://link.springer.com/10.1007/s13197-011-0571-1>.
- Illingworth C, Larson G, Hellekant G. 1989. Secretion of the sweet-tasting plant protein thaumatin by *Streptomyces lividans*. *Journal of Industrial Microbiology* **4**:37-42. Available at <http://link.springer.com/10.1007/BF01569691>.

- Jacquillet G, Debnam ES, Unwin RJ, Marks J. 2018. Acute saccharin infusion has no effect on renal glucose handling in normal rats in vivo. *Physiological Reports* **6**. Available at <http://doi.wiley.com/10.14814/phy2.13804>.
- K.D. Aparnathi KD. 2017. Chemistry and Use of Artificial Intense Sweeteners. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* **6**:1283-1296. Available at <https://www.ijcmas.com/abstractview.php?ID=2704&vol=6-6-2017&SNo=151>.
- Kečkeš J, Trifković J, Andrić F, Jovetić M, Tešić Ž, Milojković-Opsenica D. 2013. Amino acids profile of Serbian unifloral honeys. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **93**:3368-3376. Available at <http://doi.wiley.com/10.1002/jsfa.6187>.
- Li XQ, Zhang XM, Wu X, Lan Y, Xu L, Meng XC, Li JN. Beneficial effects of lactitol on the composition of gut microbiota in constipated patients. *Journal of Digestive Diseases*:1751-2980.12912. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1751-2980.12912>.
- Lunn J. E. 2016. Sucrose Metabolism. eLS, 1-9. Available at [doi:10.1002/9780470015902.a0021259.pub2](https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0021259.pub2).
- Lunn JE, Delorge I, Figueroa CM, Van Dijck P, Stitt M. 2014. Trehalose metabolism in plants. *The Plant Journal* **79**:544-567. Available at <http://doi.wiley.com/10.1111/tpj.12509>
- Mayes PA. 1993. Intermediary metabolism of fructose. *The American Journal of Clinical Nutrition* **58**:754S-765S. Available at <https://academic.oup.com/ajcn/article/58/5/754S/4732305>.
- Moon H-J, Jeya M, Kim I-W, Lee J-K. 2010. Biotechnological production of erythritol and its applications. *Applied Microbiology and Biotechnology* **86**:1017-1025. Available at <http://link.springer.com/10.1007/s00253-010-2496-4>
- Munton SL, Birch GG. 1985. Accession of sweet stimuli to receptors. I. Absolute dominance of one molecular species in binary mixtures. *Journal of Theoretical Biology* **112**:539-551. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022519385800217>.
- Myint K zar, Wu K, Xia Y, Fan Y, Shen J, Zhang P, Gu J. 2020. Polyphenols from *Stevia rebaudiana* (Bertoni) leaves and their functional properties. *Journal of Food Science* **85**:240-248. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1750-3841>.
- Nabors LO'B. c2001. *Alternative sweeteners* 3rd ed., rev. and expanded.. M. Dekker, New York.
- Nicolaus B, Gambacorta A, Basso AL, Riccio R, De Rosa M, Grant WD. 1988. Trehalose in Archaeobacteria. *Systematic and Applied Microbiology* **10**:215-217. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0723202088800031>.
- O'Donnell K, Kearsley MW. 2012. *Sweeteners and sugar alternatives in food technology* 2nd ed.. Wiley-Blackwell, Ames, Iowa.

- Oryan A, Alemzadeh E, Moshiri A. 2016. Biological properties and therapeutic activities of honey in wound healing: A narrative review and meta-analysis. *Journal of Tissue Viability* **25**:98-118. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0965206X15000972>.
- Pearce EM. Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology, 3rd ed., Vol. I, Wiley-Interscience, New York, 1978. *Journal of Polymer Science: Polymer Letters Edition* **16**:248-248. Available at <http://doi.wiley.com/10.1002/pol.1978.130160508>.
- Pearlman M, Akpotaire O. 2019. Diet and the Role of Food in Common Gastrointestinal Diseases. *Medical Clinics of North America* **103**: 101-110.
- Regnat K, Mach RL, Mach-Aigner AR. 2018. Erythritol as sweetener—wherefrom and whereto? *Applied Microbiology and Biotechnology* **102**:587-595. Available at <http://link.springer.com/10.1007/s00253-017-8654-1>.
- Reis F, De Andrade J, Deliza R, Ares G. 2016. Comparison of Two Methodologies for Estimating Equivalent Sweet Concentration of High-Intensity Sweeteners with Untrained Assessors: Case Study with Orange/Pomegranate Juice. *Journal of Sensory Studies* **31**:341-347. Available at <http://doi.wiley.com/10.1111/joss.12217>.
- Riby JE, Fujisawa T, Kretchmer N. 1993. Fructose absorption. *The American Journal of Clinical Nutrition* **58**:748S-753S. Available at <https://academic.oup.com/ajcn/article/58/5/748S/4732304>.
- Rice T, Zannini E, K. Arendt E, Coffey A. 2020. A review of polyols – biotechnological production, food applications, regulation, labeling and health effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **60**:2034-2051. Available at <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2019.1625859>.
- Roberts A, Renwick AG, Sims J, Snodin DJ. 2000. Sucralose metabolism and pharmacokinetics in man. *Food and Chemical Toxicology* **38**:31-41. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0278691500000260>.
- Roth K, Lück E. 2015. The Saccharin Saga – Part 1. *ChemViews*. Available at http://www.chemistryviews.org/details/ezone/8271881/The_Saccharin_Saga__Part_1.html.
- Ruiz-Ojeda FJ, Plaza-Díaz J, Sáez-Lara MJ, Gil A. 2019. Effects of Sweeteners on the Gut Microbiota: A Review of Experimental Studies and Clinical Trials. *Advances in Nutrition* **10**:S31-S48. Available at https://academic.oup.com/advances/article/10/suppl_1/S31/5307224.
- Ruiz-Ruiz JC, Moguel-Ordoñez YB, Segura-Campos MR. 2015. Biological activity of *Stevia rebaudiana* Bertoni and their relationship to health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **57**:2680-2690. Available at <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2015.1072083>.

- Schermbeck RM, Leider J, Piekarz-Porter E, Chriqui JF. 2019. Artificial sweeteners in food and beverage products at school. *Public Health Nutrition* 22: 694-706.
- Schiffman SS. 2012. Rationale for Further Medical and Health Research on High-Potency Sweeteners. *Chemical Senses* 37:671-679. Available at <https://academic.oup.com/chemse/article-lookup/doi/10.1093/chemse/bjs053>.
- Schiffman SS, Rother KI. 2013. Sucralose, A Synthetic Organochlorine Sweetener: Overview Of Biological Issues. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B* 16:399-451. Available at <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10937404.2013.842523>.
- Silva APS, Brasiel PG, Luquetti SCPD. 2018. Non-Nutritive Sweeteners and Their Contradictory Effect on the Control of Energetic and Glycemic Homeostasis. *Journal of Endocrinology and Metabolism* 8: 119-125.
- Státní zemědělská a potravinářská inspekce. 2020. Available at <https://www.szpi.gov.cz/clanek/oznacovani-sladidel-prodavanych-konecnemu-spotrebiteli.aspx?q=JmNobnVtPTEmaGw9c2xhZGlkbGE%3d>
- Świąder K, Wegner K, Piotrowska A, Tan F-J, Sadowska A. 2019. Plants as a source of natural high-intensity sweeteners: a review. *Journal of Applied Botany and Food Quality* 92:160 - 171.
- Thiébaud D, Jacot E, Schmitz H, Spengler M, Felber JP. 1984. Comparative study of isomalt and sucrose by means of continuous indirect calorimetry. *Metabolism* 33:808-813. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0026049584901069>.
- Toora BD, Seema S, Manju M, Mishra S. 2018. Effect of Artificial Sweeteners on the Blood Glucose Concentration. *Journal of Medical Academics* 1: 81-85.
- Toyoda T, Kamei A, Ishijima T, Abe K, Okada S. 2019. A maple syrup extract alters lipid metabolism in obese type 2 diabetic model mice. *Nutrition & Metabolism* 16. Available at <https://nutritionandmetabolism.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12986-019-0403-2>.
- Weihrauch MR, Diehl V. 2004. Artificial sweeteners—do they bear a carcinogenic risk? *Annals of Oncology* 15:1460-1465. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0923753419510377>.
- White JS. 2008. Straight talk about high-fructose corn syrup: what it is and what it ain't. *The American Journal of Clinical Nutrition* 88:1716S-1721S. Available at <https://academic.oup.com/ajcn/article/88/6/1716S/4617107>.
- Wijnman CF, Velthuijsen JA van, Berg H van den. Lactitol monohydrate and a method for the production of crystalline lactitol. European Patent 39981.
- Winkelhausen E, Kuzmanova S. 1998. Microbial conversion of d-xylose to xylitol. *Journal of Fermentation and Bioengineering* 86:1-14. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0922338X98800263>

Winnig M, Bufe B, Kratochwil NA, Slack JP, Meyerhof W. 2007. The binding site for neohesperidin dihydrochalcone at the human sweet taste receptor. *BMC Structural Biology* **7**. Available at <http://bmestructbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1472-6807-7-66>.

Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. 1983.. WHO Food Additives Series, Geneva.

IPCS Toxicological evaluation of certain food additives and contaminants: Lactitol. 1983.Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives.. WHO Food Additives Series, Geneva.

8 Seznam použitých zkratk a symbolů

1,1-GPM.....	1-O-a-glukopyranosyl-d-mannitolu
1,6-GPS.....	6-a-d-glukopyranosyl-d-sorbitolu
5-HMF.....	5-hydroxymethylfurfural
ABA.....	Kyselina abscisová
ADI.....	Denní přijatelné množství
CYP.....	Izoenzym P40
EU.....	Evropská unie
FAO.....	Organizace pro výživu a zemědělství
FDA.....	Americký úřad pro kontrolu potravin a léčiv
GI.....	Glykemický index
GRAS.....	Zvýrazňovač chuti
HFCS.....	Kukuřičný sirup s vysokým obsahem fruktózy
JECFA.....	Evropský vědecký výbor pro potraviny
NHDC.....	Neohesperidin dihydrochalkon
NOAEL.....	Nejvyšší dávka, při které není pozorován účinek
PCR.....	Polymerázová řetězcová reakce
Pgp.....	P-glykoprotein
UHT.....	Ultra vysoké tepelné ošetření
USFDA.....	Úřad pro kontrolu potravin a léčiv Spojených států
USP.....	Lékopis USA
WHO.....	Světová zdravotnická organizace

