

Nová nízkokalorická sladidla v potravinách a nápojích

Lucie Kunčarová

Bakalářská práce
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Lucie Kunčarová
Osobní číslo:	T19339
Studijní program:	B0721A210002 Technologie a hodnocení potravin
Specializace:	Technologie potravin
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Nová nízkokalorická sladidla v potravinách a nápojích

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

Charakteristika nových nízkokalorických sladidel.

Vhodnost jejich použití při výrobě potravin a nápojů.

Zdravotní přínosy a rizika použití nízkokalorických sladidel.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

[1] O'DONNELL KAY KEARSLEY MALCOLM W. *Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology* (2nd Edition). 2017. ISBN 9781523111077.

[2] KIM, Yoona, Jennifer B. KEOGH a Peter M. CLIFTON. Non-nutritive Sweeteners and Glycaemic Control. *Current Atherosclerosis Reports* [online]. 2019, 21(12) [cit. 2021-5-31]. ISSN 1523-3804

[3] CAO, Yu, Hongli LIU, Ningbo QIN, Xiaomeng REN, Beiwei ZHU a Xiaodong XIA. Impact of food additives on the composition and function of gut microbiota: A review. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2020, 99, 295-310 [cit. 2021-5-31]. ISSN 09242244

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Martina Bučková, Ph.D.**
Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání bakalářské práce: **31. prosince 2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2023**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 20. února 2023

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá novými nízkokalorickými sladidly přírodního a umělého původu.

Cílem práce bylo charakterizovat a stručně shrnout nízkokalorická sladidla používaná nebo často diskutovaná v posledních letech. Mezi nejdiskutovanějšími jsou stévie, acesulfam draselný, cyklamát a aspartam. Mezi nejnovějšími jsou neotam a advantam.

V práci jsou diskutovány jejich přínosy a rizika z pohledu zdraví při jejich konzumaci. Zda jsou vhodná pro osoby trpící diabetem a zda opravdu podporují snižování hmotnosti, nebo naopak představují jistá zdravotní rizika.

Uvedeny jsou možnosti praktického využití sladidel a vhodnost při nahrazování cukrů při výrobě potravin a nápojů.

Klíčová slova: nízkokalorická sladidla, sladidla, stévie, aspartam, neotam, advantam

ABSTRACT

This thesis focuses on new low-calorie sweeteners of natural and artificial origin. The aim of the study was to characterize and summarize briefly the low-calorie sweeteners commonly used or frequently discussed in recent years. Among the most debated ones are stevia, potassium acesulfame, cyclamate, and aspartame. Among the newest ones are neotame and advantame.

This thesis discusses their benefits and risks from a health perspective when consumed. It examines whether they are suitable for individuals with diabetes and whether they truly support weight reduction or, conversely, pose certain health risks.

The possibilities of practical utilization of sweeteners and their suitability for replacing sugars in food and beverage production are also presented.

Keywords: low-calorie sweeteners, sweeteners, stevia, aspartame, neotame, advantame

Ráda bych poděkovala své vedoucí bakalářské práce Mgr. Martině Bučkové, Ph.D. za odbornou pomoc, cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracovávání práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 CO TO JSOU NÍZKOKALORICKÁ SLADIDLA.....	11
2 NÍZKOKALORICKÁ SLADIDLA Z PŘÍRODNÍCH ZDROJŮ.....	12
2.1 STEVIA REBAUDIANA	12
2.2 LÉKOŘICE LYSÁ.....	15
2.3 KATAMFE	17
2.4 SYNSEPALUM DULCIFICUM.....	18
2.5 DIOSCOREOPHYLLUM CUMMINSII.....	20
2.6 LUO HAN GUO	21
2.7 XYLITOL.....	22
2.8 ERYTHRITOL	23
3 NÍZKOKALORICKÁ SLADIDLA VYROBENÁ SYNTETICKY.....	25
3.1 ACESULFAM K	25
3.2 ASPARTAM	26
3.3 CYKLAMÁT	28
3.4 ISOMALT.....	28
3.5 SUKRALOSA	29
3.6 NEOTAM.....	31
3.7 ADVANTAM.....	32
4 SLADIDLA DLE LEGISLATIVY	33
5 ZDRAVOTNÍ PŘÍNOSY A RIZIKA SLADIDEL.....	37
5.1 VLIV SLADIDEL NA DIABETES	37
5.1.1 Vliv glykémie na diabetes.....	38
5.1.2 Pozitivní vliv sladidel na diabetes.....	40
5.2 VLIV SLADIDEL NA OBEZITU.....	42
5.2.1 Ovlivňování konzumace potravin sladidly.....	43
5.3 VLIV SLADIDEL NA GASTROINTESTINÁLNÍ TRAKT	45
5.3.1 Sladidla jako prebiotika.....	51
5.4 VLIV SLADIDEL NA DUTINU ÚSTNÍ	51
6 POUŽITÍ SLADIDEL PŘI VÝROBĚ POTRAVIN	55
6.1 VYUŽITÍ JAKO STOLNÍ SLADIDLO	56
6.2 VYUŽITÍ SLADIDEL U PEKAŘSKÝCH VÝROBKŮ.....	56
6.3 VYUŽITÍ SLADIDEL U MLÉČNÝCH VÝROBKŮ	57

6.4	VYUŽITÍ SLADIDEL U NÁPOJŮ	57
6.5	VYUŽITÍ SLADIDEL U DALŠÍCH TYPŮ POTRAVIN.....	58
ZÁVĚR	.....	59
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	.....	61
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	.....	70
SEZNAM OBRÁZKŮ	.....	71
SEZNAM TABULEK	.....	72

ÚVOD

Cukr je ve stravě hojně rozšířen a provází lidský život v každém věku. Nadměrný příjem cukru přispívá k nadměrnému příjmu energie, nižší kvalitě stravy a zhoršení zdraví například vznikem zubního kazu, cukrovkou druhého typu, kardiovaskulárním onemocněním, obezitou a některými druhy rakoviny. Pro omezení nežádoucích účinků cukru na zdraví se začala používat sladidla přírodního původu i uměle syntetizovaná.

Sladidla patří mezi nejrozšířenější potravinářská aditiva na světě. Díky jejich nízké až žádné kalorické hodnotě, nízké ceně a možnosti dosáhnout vyšší sladivosti než při použití cukru, se stále častěji zavádějí do potravin a nápojů jako náhražka cukru. Jejich spotřeba celosvětově vzrostla (Kim et al., 2019). Globální trh se sladidly během roku 2010 činil 1 146 miliard dolarů (De et al., 2013). Důvodem, proč jejich využití stále roste může být jejich potenciál pro snižování hmotnosti, větší dostupnost na trhu nebo doporučením WHO týkajících se omezení spotřeby cukru, který je v České republice za rok 2019 35 kg na člověka. Ve snaze přiblížit se výživovým doporučením je doporučováno snížení spotřeby cukru přibližně o 30 % (Svatošová, 2022).

V oblibě syntetický a přírodních sladidel si ty přírodní vedou o něco lépe. Lidé aktivně vyhledávají zdravější varianty potravin a jako přijatelnější alternativu cukru volí raději přírodní sladidla.

Co se dá obecně o sladidlech říci je to, že mají velice intenzivní sladkou chuť. Do potravin se přidávají v malém množství z důvodu jejich vysoké sladivosti, takto jsou schopny nahradit velké množství sacharózy a tím ovlivnit zdravotní přínosy potravin. Avšak náhrada cukru za sladidla vyžaduje rozdílné technologické úpravy při výrobě a tím se změni fyzikálně-chemické i sensorické vlastnosti výsledného produktu.

Cílem této práce je charakterizovat nová nízkokalorická sladidla. Porovnat jejich výhody a nevýhody z pohledu výroby potravin a nápojů a shrnout jejich zdravotní přínosy a případná rizika při jejich používání.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CO TO JSOU NÍZKOKALORICKÁ SLADIDLA

Nízkokalorická sladidla mají v potravinářství široké využití. Jedná se o syntetické nebo přírodní látky určité chemické struktury s intenzivně sladkou chutí. Přidávání těchto látek do potravin schvalují příslušné státní orgány a jsou předtím řadu let testovány. Sladidla se dají najít v cukrovinkách, kompotech, marmeládách, rosolech, džemech, mléčných výrobcích, pečivu, nealkoholických nápojích, pivu, sušenkách, nápojích, konzervách a v mnoha dalších potravinách, dále také v zubních pastách, léčivech a multivitaminech (Klescht et al., 2006).

Sladidla se získávají z přírodních materiálů, anebo se vyrábí syntetickou cestou. V této práci jsou zařazeny mezi přírodní nízkokalorická sladidla stévie, lékořice, Katamfe, Synsepalum dulcificum, Discoreophyllum cumminisii, Luo Han Guo, Xylitol a Erythritol, o kterých je podrobněji psáno v kapitole č. 2 „nízkokalorická sladidla z přírodních zdrojů“.

Mezi umělá sladidla, je zařazen acesulfam K, aspartam, cyklamát, isomalt, sukralosa, neotam, advantam. O těchto sladidlech pojednává kapitola 3. „nízkokalorická sladidla vyrobená synteticky“.

2 NÍZKOKALORICKÁ SLADIDLA Z PŘÍRODNÍCH ZDROJŮ

Přírodní nízkokalorická sladidla jsou získávána z přírodních zdrojů a mají nižší kalorickou hodnotu než běžné cukry. Jsou nejčastěji využívána jako alternativa cukru pro snížení celkového příjmu energie v potravinách a pro svůj antidiabetický účinek. Tyto přírodní nízkokalorická sladidla jsou často mnohonásobně sladší než cukr. Pro dosažení stejné sladivosti se používají v mnohem menším množství. Využívají se v široké škále potravin a nápojů a jsou většinou více preferovány oproti těm synteticky vyrobeným, díky obecně přijímanému názoru, že přírodní rostlinné produkty mají méně vedlejších účinků než ty syntetické (Wer Ee et al., 2022).

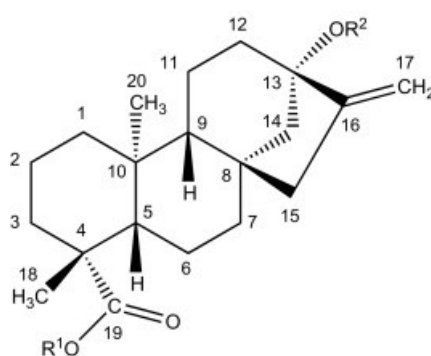
2.1 *Stevia rebaudiana*

Stevia rebaudiana neboli stévie sladká je malý vytrvalý keř z čeledi hvězdnicovitých (*Asteraceae*). Stévie si díky své sladké chuti vysloužila i jiné přezdívky jako je medový list, karamelový list nebo sladký list. Jejím původem je stát Paraguay v Jižní Americe. Místní obyvatelé již po dlouhou dobu používali její listy ke slazení nápojů a jídla a později se tato rostlina pro své sladivé účinky začala pěstovat i v Japonsku. Důvod začátku pěstování byla tehdejší regulace a zákaz umělých sladidel. Dnes je stévie rozšířená ve většině států Asie, ale i mimo ni. Největším producentem stévie na světě je Čína, která vyváží přibližně 80 % ze své produkce. Na druhou stranu Japonsko má největší počet továren na zpracovávání steviosidu (Ojo-Kayode et al., 2022).



Obrázek 1 *Stevia rebaudiana* (Gerwig et al., 2016)

Vzhled rostliny připomíná spíše bylinu viz. obrázek 1. Obsahuje mnoho významných látek a z toho 6 sladce chutnajících sloučenin. Tyto sladce chutnající sloučeniny jsou steviosidy, rebaudiosidy A, D a E, dulkosidy A a B. Steviol-glykosidu má tato rostlina největší množství, a to zejména ve svých listech. Na obrázku 2 je znázorněna struktura steviol-glykosidu ve stavu, ve kterém se přirozeně vyskytuje v listech rostliny (Ojo-Kayode et al., 2022). Tyto steviol-glykosidy mají číselné označení E 960, jsou zodpovědné za sladkou chuť stévie (nařízení Komise (EU) č. 1131/2011) přičemž jejich sladivost je 150 - 300krát větší než sladivost sacharózy (Ojo-Kayode et al., 2022).



Obrázek 2 Steviol-glykosid přirozeně se vyskytující v listech *Stevia rebaudiana* (Gerwig et al., 2016)

Dalšími významnými látkami obsaženými ve stévii jsou terpenoidy, fenolové sloučeniny, sacharidy, bílkoviny, vitaminy (kyselina askorbová, riboflavin, kyselina listová), minerální látky (vápník, fosfor, sodík, draslík, železo, hořčík), mastné kyseliny, vláknina a dalších více než 30 glykosidů (Ojo-Kayode et al., 2022). Stévie dále obsahuje silice, třísloviny a flavonoidy, které způsobují hořkou pachut'. Extrakt ze stévie se čistí pro dosažení chuťově vhodnějších extraktů (Samuel et al., 2018). Pro získání sladidla z listů stévie je potřeba mnoho operací, včetně extrakce rozpouštědlem například metanolem nebo etanolem. Jiná čistící metoda je iontová chromatografie, ale ta je více ekonomicky náročná. Vhodnou alternativou pro extrakci jsou membránové procesy, které jsou z pohledu zdraví člověka vhodnější, protože se u nich nepoužívají rozpouštědla a také nejsou tak moc finančně náročné (De et al., 2013).

V potravinářství se stévie v podobě steviol-glykosidu přidává nejčastěji jako sladidlo do teplých i studených jídel a nápojů, do sycených nápojů, do čokolád, cukrovinek, fermentovaných mléčných výrobků, cereálií nebo žvýkaček. Je dostupná také samostatně balená jako sladidlo. Využití si stévie našla i v lékařství a kosmetice (De et al., 2013; Ojo-Kayode et al., 2022).

Pro praktické použití stévie je důležitá znalost jejích fyzikálně-chemických vlastností. Látky v extraktu stévie jsou termostabilní na rozdíl od některých jiných sladidel. Jejich tepelná stabilita dosahuje až 100 °C při hodnotách pH 3-9. Ve více alkalickém prostředí se rychle rozkládají. Steviosid je také stabilní při sušení, konzervaci a skladování a nepodléhá fermentaci (De et al., 2013). Jeho výhodou je vysoká rozpustnost a stabilita ve vodném prostředí. Lze jej kombinovat s plnidly, činidly, želírujícími látkami, stabilizátory, ochucovadly a aromatickými látkami (Ojo-Kayode et al., 2022). Díky vysokému obsahu bílkovin je prášek z listů schopný zadržovat vodu a takzvaně bobtnat. Tato schopnost je vhodná při přípravě viskózních potravin, jako jsou polévky, omáčky, těsto a pečené výrobky. Obsah bílkovin také způsobuje tvorbu a stabilizaci emulzí a využívá se při výrobě koláčů, těsta, do mražených dezertů a dalších produktů. Steviosid má také určitou kapacitu absorpce tuku, toto je důležité při zpracování potravin, protože tuk je nosičem chuti a mění organoleptické vlastnosti potravin (De et al., 2013).

Kromě potravinářského využití se používá i v medicíně. Stévie se dá využít na léčbu neinfekčních onemocnění jako je rakovina, hypertenze, onemocnění ledvin, obezita, zubní kaz. Má vliv na oxidační stres a využívá se i pro svou antimikrobiální aktivitu (Chowdhury et al., 2022; Ojo-Kayode et al., 2022).

Přestože se jedná o přírodní sladidlo, obavy ohledně bezpečnosti její konzumace odrazují spotřebitele od jejího používání. Dle dostupných odborných studií extrakt ze stévie není teratogenní, karcinogenní, mutagenní a nezpůsobuje toxicitu (Ojo-Kayode et al., 2022; Samuel et al., 2018). Denní maximální příjem Steviol-glykosidu E 960 byl stanoven na 4 mg/kg tělesné hmotnosti na den (WHO, 2022).

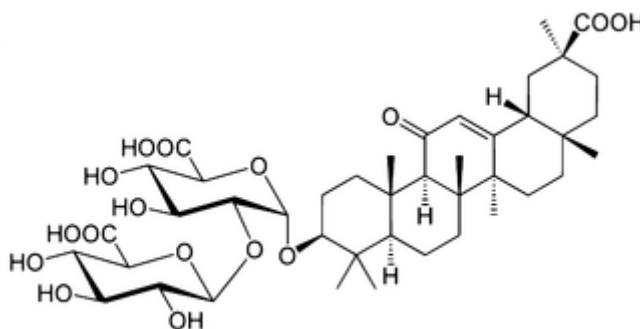
2.2 Lékořice lysá

Lékořice lysá je vytrvalá bylina původem ze středu Eurasie, jihozápadní Asie a Středomoří. Ve starořeckém jazyce je pojmenovaná jako „glukurrhiza“ neboli sladký kořen. Nyní se nachází a pěstuje v různých částech světa od Turecka, Iráku přes Mongolsko a Čínu. Na světě existuje mnoho druhů této rostliny (Lim, 2015; Tzu-Chien et al., 2014).



Obrázek 3 Listy lékořice lysé (Lim, 2015)

Na obrázku 3 je zobrazena listová část rostliny. Listy této rostliny se například v Mongolsku používají jako náhražka čaje a její žlutohnědý kořen se v čerstvém nebo sušeném stavu v minulosti žvýkal pro osvěžení úst a byl používán také k čištění zubů (Lim, 2015).



Obrázek 4 Glycyrrhizin (Tzu-Chien et al., 2014)

Důvodem sladké chuti lékořice je látka, která je obsažená v kořenech rostlin. Tato látka se nazývá glycyrrhizin a jeho sladká chuť je 30–50krát silnější než u sacharózy. Zajímavé na tom je fakt, že se jedná o kyselinu viz obrázek 4, na kterém je znázorněna struktura

glycyrrhizinu. Tato kyselina glycyrrhizinová aktivuje receptory pro sladkou chuť na jazyku už při koncentraci od 3,0 mM. Tato koncentrace pro spuštění impulzů je nižší, než je u sacharózy, proto její sladká chuť přichází pomaleji oproti klasickému cukru a v ústech zůstává delší dobu (Tzu-Chien et al., 2014).

Dalšími bioaktivní složkami lékořice jsou triterpeny, saponiny, flavonoidy, saponoidy, steroly, škroby, aminokyseliny, gumy, esenciální oleje a fenolické látky. Mezi fenolické látky patří kumarinové sloučeniny, glycerol, glycerin, glykokumarin, herniarin, embelliferon, likopryranokumarin, likorylkumarin, likokumarol. Flavonoidní složky se skládají především z flavonů, flavonalů, isoflavonů, chalkonů, dihydroflavonů, dihydrochalkonů. Mimo zmíněné obsahuje i mnoho dalších látek (Lim, 2015).

Extrakt z lékořice je černé barvy a používá se v mnoha odvětvích výroby, včetně potravinářství. K jeho širokému využití také přispívá termostabilita glycyrrhizinu a jeho schopnost zachovávat si sladkou chuť i po zahřátí. V medicíně se přidává například do pastilek proti kašli. V potravinářství se používá jako potravinářská přídatná látka v instantních nudlích, uzeninách, omáčkách jako je sójová a sladká chilli omáčka a ke snížení slanosti slaných pochutin. Prášek z extraktu se jako sladidlo používá v cukrovinkách, pekařských výrobcích, zmrzlinách a nealkoholických nápojích. Velké množství lékořicových cukrovinek se prodává v západních zemích jako třeba v Nizozemsku, kde se vyrábí lékořicové bonbóny. Lékořici používají také pivovary k ochucení a dobarvení piva. Enzymy obsažené v lékořici se používají při výrobě piva a pro stabilizaci pивní pěny. Lékořice se hojně využívá i v tabákovém průmyslu, kde je používána jako dochucovadlo a pro aroma tabáku. Tabák činí jemným a zabraňuje vysychání a díky tomu se dá lépe a déle kouřit. Dále se používá jako flavorizační a sladící prostředek do zubních past a žvýkaček. Využití má také v kosmetice jako součást krémů proti pigmentaci kůže (Lim, 2015; Tzu-Chien et al., 2014).

Lékořice nemá pouze vlastnost sladké chuti. Farmakologický výzkum dospěl k závěru, že má také antioxidační, antibakteriální, protinádorové a anti-HIV vlastnosti. Účinkuje také jako prevence proti žaludečním vředům, spazmolyticky, antivirově, hepatoprotektivně a má i paměť posilující účinky. Oddenek z lékořice obsahuje expektorans (látky proti vykašlávání) a karminativum, které působí proti nadýmání. Bioaktivní látky v lékořici působí také hypolipidemicky, antiantiskleroticky, antiulcerogenně, hypotenzně, hepatoprotektivně, antidiureticky, antimutageně a antipyreticky (Lim, 2015). Další odborné publikace jsou věnovány studiu jejich glukokortikoidního vlivu, a snížení tvorby

testosteronu zejména u žen, kde působí podobně jako estrogen (Lim, 2015; Ruiz-Ojeda et al., 2019).

Některé účinky lékořice lze podpořit její hydrolýzou, kdy hydrolýzou kyseliny glycyrrhizinové se získá kyselina glycyrrhetinová. Nedávné studie poukazují na fakt, že pražená lékořice může mít silnější protizánětlivé a neuroprotektivní účinky oproti lékořici v syrovém stavu. Také byl prokázán účinek obou kyselin na hepatocyty potkanů. Dokonce byl zaznamenán pozitivní vliv na léčbu nervových onemocnění, například Parkinsonovy choroby a ischemického onemocnění mozku (Tzu-Chien et al., 2014).

Z pohledu zdravotní nezávadnosti je lékořice obecně považována za zdraví neškodnou bylinu. I přesto při nadměrné denní konzumaci lékořice může dojít ke zvýšení hladiny sodných iontů a tím může docházet k vylučování draselných iontů, což může vést k hypertenzi a srdečním onemocněním. V tomto případě ukončením konzumace nadměrného množství lékořice lze ukončit její vedlejší účinky. Určená bezpečná maximální dávka pro glycyrrhizin v EU je do 100 mg na den (Ruiz-Ojeda et al., 2019; Tzu-Chien et al., 2014).

2.3 Katamfe

Katamfe je rostlina původem ze západní Afriky s botanickým názvem *Thaumatococcus daniellii* a využívá se pro její sladkou chuť. Prodává se pod obchodním názvem Talin (Healey et al., 2017; Kilcast a den Ridder, 2007).

Intenzivní sladká chuť plodů katamfe je způsobena bílkovinou thaumatin, která má označení E 957 (dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008). Sladká chuť vyvolaná thaumatinem může v ústech zůstat až po dobu 30 minut. Kromě sladké chuti má i svou typickou pachut' připomínající lékořici. Tuto pachut' může způsobovat interakce s receptory hořké chuti (Healey et al., 2017; Kilcast a den Ridder, 2007).

Extrahovaný thaumatin je většinou ve formě prášku hnědé barvy. Jeho vlastnosti jsou hygroskopičnost a sladivost, která je 2000–3000krát vyšší než u sacharózy. Nevýhodou je jeho nestabilita při nízkých hodnotách pH, kdy dochází ke karboxylaci thaumatinu (Kilcast a den Ridder, 2007).

Toto přírodní sladidlo má různé využití například se používá jako sladidlo a pro zvýraznění chuti ve žvýkačkách, cigaretách, a dokonce ve slaných produktech, kde napomáhá ke zlepšení chuti umami. Thaumatin má totiž schopnost ovlivnit hořkost potravin maskováním

jejich hořké chuti. Používá se i u produktů s obsahem máty, což jsou zubní pasty a ústní vody. Vhodný je i do farmaceutických přípravků. Soli thaumatinu jsou brány za potencionální inhibitory hořkosti, přičemž neovlivňují sladkou chuť v produktech (Kilcast a den Ridder, 2007). Dále je thaumatin vhodný ke konzervování například rajčat, u kterých se využívá vysokých hodnot pH. To stejné platí i v případě solení při nakládání jídla do nálevu s thaumatinem, přičemž dojde k silnému zvýšení pH. Následný produkt bude stále chutnat sladce po thaumatinu (Firsov et al., 2021).

Energetická hodnota thaumatinu odpovídá energetické hodnotě proteinu a to přibližně 17 kJ/g. Z pohledu energetické bilance je ale možné přispěvek thaumatinu zanedbat, protože jeho vysoká sladivost umožňuje použít minimální množství pro dosažení výsledné sladké chuti (Zlatohlávek et al., 2018).

2.4 *Synsepalum dulcificum*

Stálezelený strom *Synsepalum dulcificum* je původem ze západní a střední Afriky jako je Ghana, Benin, Kamerun, Nigeria a Kongu. Postupem času byla tato rostlina rozšířena do zemí jihovýchodní Asie, Austrálie a do Spojených států amerických (Wer Ee et al., 2022).



Obrázek 5 *Synsepalum dulcificum* (Achigan-Deko et al., 2015)

Synsepalum dulcificum je považována za jednu z léčivých rostlin, která ještě navíc vyniká unikátní vlastností, kterou je přeměna kyselé chuti na sladkou. Tuto vlastnost má díky přítomnosti glykoproteinu mirakulinu obsaženého v bobulích rostliny, které jsou znázorněny na obrázku 5 (Wer Er et al., 2022). Po konzumaci plodu rostliny je obsah glykoproteinu

mirakulinu vázán na chuťové pohárky jazyka a takto začne potlačovat vnímání kyselé nebo hořké chuti. Díky těmto vlastnostem je rostlina známá jako zázračné ovoce, zázračné bobule nebo také kouzelné bobule (Nkwocha et al., 2022).

Dobrá stabilita mirakulinu při nízké teplotě a při dlouhodobém skladování je výhodná pro použití při výrobě sycených nápojů (Achigan-Deko et al., 2015).

Plody rostliny *Synsepalum dulcificum* obsahují velké množství antokyanu, který se dá využít jako přírodní potravinářské barvivo. Antokyanová barviva vytváří oranžovo-červené zbarvení vhodné do cukerných roztoků nebo sycených nápojů. Dále jsou bohatým zdrojem fytochemikálií a antioxidantů. Zastoupení těchto látek je podobné jako v lesním ovoci, například v borůvkách, ostružinách, ale i hroznech a třešních. Tyto látky napomáhají při prevenci chronických onemocnění. Tudíž kromě zlepšení chuti při výrobě potravin by mohly být i zdraví prospěšné. Fenolických a antioxidačních látek je v takzvaných zázračných bobulích, více než u ovoce, které se běžně využívá v potravinářské výrobě právě pro vysoký obsah těchto látek. Mezi další fytochemikálie patří alkaloidy, flavonoidy, třísloviny z extraktu z listů, saponin, polyfenoly, glykosidy, tanin (Du et al., 2013; Wer Ee et al., 2022).

V západní Africe se *Synsepalum dulcificum* používalo na ochucení kukuřičného chlebu „kankies“, a na slazení piva „pito“ a palmového vína (Wer Ee et al., 2022). Zároveň v Africe začínaly probíhat pokusy o výrobu sladidla pro diabetiky za pomoci této rostliny (Nkwocha et al., 2022). V Indii je plod tohoto stromu používán k přípravě potravin. FDA schválila mirakulin jako potravinářské aditivum a našlo tak užitek v potravinářství na dochucování dortů a zmrzlin. Další využití této rostliny je zmiňováno v lékařství, kde jsou využívány čerstvé listy při léčbě cukrovky, malárie, hypertemie, plody se mohou používat na bolest žaludku, či při léčbě anémie. Kořen může být používán při onemocnění dýchacích cest a TBC a kůra z rostliny je používána k léčbě prostaty (Achigan-Deko et al., 2015; Wer Ee et al., 2022).

Mezi další léčebné účinky plodů rostliny *Synsepalum dulcificum* jsou uváděny antidiabetické, antioxidační, protinádorové, antimikrobiální vlastnosti, vliv na snížení cholesterolu v krvi. Některé fytochemikálie mohou potencovat účinky současně podávaných léčiv. Protinádorové účinky byly zjištěny až v posledních 10 letech. Cytotoxické účinky ethanolových a metanolových extraktů z této rostliny, z listů a stonků byly zkoumány na lidských buňkách karcinomu tlustého střeva (Wer Ee et al., 2022).

2.5 *Dioscoreophyllum cumminsii*

Dioscoreophyllum cumminsii je popínavá rostlina tropických deštných lesů, rostoucích v Libérii, Nigérii, Beninu, Kongu, Guineji-Bissau a Sieře Leone a patří do čeledi *menispermaceae* (Ibitoye et al., 2017; Oloyede et al., 2015).

Sladkost bobulí vytváří bílkovina zvaná monellin. Tato bílkovina je obsažena hlavně v mezokarpu bobulí, který má slizovitý charakter. Monellin je nejvíce sladkou bílkovinou, která je doposud známá. Její sladivost je až 3000krát vyšší než sladivost sacharózy (Ojo Kayode et al., 2022; Oloyede et al., 2015).

Monellin, tak jako ostatní bílkoviny nevydrží působení vysokých teplot, proto byla vytvořena modifikovaná forma monellinu pojmenovaná MNEI, která je odolná vůči změnám teplot i pH (Miele et al., 2017).

Rostlina má také jiné využití než jen pro své sladké vlastnosti. Například listy *Dioscoreophyllum cumminsii* jsou údajně používány při léčbě průjmů, úplavice, cukrovky. V těchto listech jsou obsaženy fytochemikálie, mezi které patří kvarterní alkaloidy, magnoflorin, jatrorrhizin, kolumbamin. Dále listy obsahují flavonoidy, třísloviny, saponiny, fenolické látky, steroidní látky, a další alkaloidy, antrachinony, glykosidy, flobatanniny a další (Ibitoye et al., 2017; Oloyede et al., 2015).

Mezi zdravotně prospěšné účinky se u rostliny *Dioscoreophyllum cumminsii* řadí antidiabetický a antidyslipidemický. Dokáže tlumit oxidační stres v játrech a slinivce břišní. Tyto účinky byly zkoumány u potkanů s diabetem vyvolaným aloxanem. Jako další účinky se pomocí studií na potkanech potvrdily protizánětlivé účinky (Ibitoye et al., 2017; Oloyede et al., 2015).

2.6 Luo Han Guo

Luo Han Guo je ovoce, které se používá jako sladidlo a jako léčivo po více než 300 let v Číně a Indonésii. Pěstuje se v čínské provincii Guangxi, kde tvoří až 90 % celosvětové produkce. Vzhled malého ovoce Luo Han Guo je ukázán na obrázku 6. Jedná se o plod rostliny *Siraitia grosvenorii* a bývá také nazýváno jako „ovoce mnicha“. V čínské medicíně je používáno jako přísada při výrobě potravin bez cukru pro jeho sladivé schopnosti a nízkokalorický energetický obsah, a také k léčbě faryngitidy (Casto-Moňaz et al., 2022; He et al., 2022; Mooradian et al., 2017).



Obrázek 6 Plod Luo Han Guo (He et al., 2022)

Hlavní sladivou složkou této rostliny je mogrosid. Jedná se o triterpenový glykosid typu cucurbitanu, který má 100–250krát vyšší sladivost než sacharóza. Luo Han Guo obsahuje celkem 5 těchto typů glykosidu, přičemž největší zastoupení má mogrosid V (Casto-Moňaz et al., 2022; He et al., 2022; Mooradian et al., 2017).

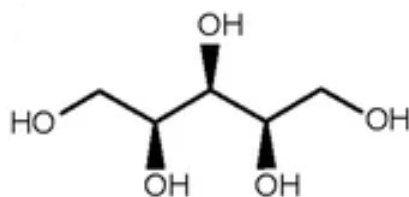
V současnosti roste zájem o toto sladidlo jako vhodná přírodní alternativa syntetických sladidel (Mooradian et al., 2017). Dnes je dostupné jako stolní sladidlo. Používá se v kombinaci se stévií a erythritolem. Lze ho najít v sirupech, džemech, čokoládách a v odstředěném mléce (Casto-Moňaz et al., 2022). Využití má také při léčbě nachlazení, bolesti v krku, při žaludečních a střevních potížích a dá se použít i proti kašli. Jeho léčivé účinky jsou připisovány synergismu s dalšími přítomnými látkami jako jsou triterpenoidy, flavonoidy, aminokyseliny. Jako další vlastnosti má antidiabetické, protizánětlivé, antioxidantní, protinádorové, protizánětlivé, pomáhá při plicním onemocnění, je hepatoprotektivní a neuroprotektivní (He et al., 2022). Má inhibiční aktivitu na růst nádoru

slinivky břišní. Podporuje apoptózu a zástavu buněčného cyklu buněk rakoviny. Při studii mogrosidu na potkanech byly zjištěny antihyperglykemické účinky (Casto-Moňaz et al., 2022; Mooradian et al., 2017).

Podle současných studií je mogrosid považován za bezpečný. Během studií vlivu konzumace ovoce Luo Han Guo zvířaty nebyly zjištěny žádné nežádoucí účinky (He et al., 2022).

2.7 Xylitol

Xylitol byl objeven koncem 19. století a je nejsladším polyolem vůbec. Mezi polyoly dále patří erythritol, maltitol, mannitol, isomalt a sorbitol. Polyoly jsou látky, které ve své molekule obsahují více než jednu hydroxylovou skupinu. Na obrázku 7 je znázorněna struktura xylitolu, která má v molekule 5 OH-skupin. Xylitol je získáván hydrogenací D-xylozy neboli dřevní soli. Zároveň se xylitol v nízké koncentraci přirozeně vyskytuje v některém ovoci, zelenině, houbách a obilovinách (Casto-Mañoz et al., 2022; Peterson, 2013; Plaza-Diaz et al., 2020).



Obrázek 7 Xylitol – strukturní vzorec (Regnat et al., 2018)

Jedná se o krystalický prášek bílé barvy, který má sladivost přibližně srovnatelnou s cukrem, ale jeho energetická hodnota činí 2,4 kcal/g, což je podstatně méně oproti cukru. Tak stejně jako cukr je xylitol dobře rozpustný ve vodě (Casto-Mañoz et al., 2022; Regnat et al., 2018; Tian et al., 2022).

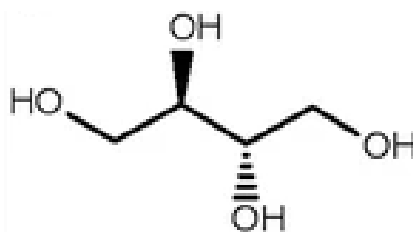
Xylitol je využíván jak v potravinářství, tak v lékařství. V potravinářství se používá jako sladidlo, jedná se zejména o nealkoholické nápoje, žvýkačky, cukrovinky, pekařské výrobky a jako sladidlo pro diabetiky a pacienty s onemocněním srdce. Z potravinářského hlediska není veřejnosti až tak známý, a proto je spotřebiteli upřednostňována stévie (Casto-Mañoz et al., 2022; Tian et al., 2022). Další využití má v lécích, stomatologických výrobcích a dentálních výrobcích. Své zastoupení má i u nosních sprejů proti respiračním infekcím. Z důvodu řady prokázaných zdravotních benefitů je xylitol považován za nutraceutikum. Odborné studie potvrdily pozitivní vliv xylitolu při obnově funkce jater, v podpoře syntézy

jaterního glykogenu a při zpomalení tvorby mastných kyselin v játrech. Funguje také jako antioxidant. Není fermentován bakteriemi v ústech, a tak nenapomáhá tvorbě zubního kazu. Zlepšuje absorpci vápníku ve střevech a tím i zmírňuje osteoporózu. Posiluje přirozený obranný systém těla tím, že inhibuje růst některých druhů bakterií (Peterson, 2013; Tian et al., 2022).

Konzumace xylitolu u člověka nezpůsobuje žádnou významnou toxicitu, avšak je toxický pro psy. Již od dávky 0,1 mg/kg vyvolává hypoglykémii a množství 0,5 mg/kg vede u některých jedinců k hepatotoxicitě (Peterson, 2013; Tian et al., 2022).

2.8 Erythritol

Erythritol byl poprvé izolován v roce 1852, ale jeho první uvedení na trh proběhlo až roku 1990, kdy byl poprvé uveden na trh. Jedná se o polyol, který se v menším množství vyskytuje přirozeně například v ovoci a zelenině. Také se vyskytuje ve fermentovaných potravinách jako je sójová omáčka. Největší obtíží u tohoto polyolu je jeho získávání. Klasickou chemickou cestou je proces velmi náročný, a proto se začala používat biotechnologická výroba erythritolu pomocí fermentace kvasinkami (Mäkinen et al., 2016; Regnat et al., 2018).



Obrázek 8 Erythritol – strukturní vzorec (Regnat et al., 2018)

Erythritol je molekula skládající se pouze ze 4 uhlíků, jak je vidět z obrázku 8. erythritol má nejmenší molekulovou hmotnost mezi polyoly a díky tomu má i odlišné fyzikální a chemické vlastnosti. Má nízký obsah energie přesněji 0,2 kcal/g a jeho sladkost je nižší, než má sacharóza. Jeho sladkost je v rozmezí hodnot 0,6–0,8, přičemž hodnota sladkosti sacharózy je 1. Erythritol tvoří krystaly, je stabilní v širokém rozmezí pH i teplot a ve vodě je dobře rozpustný. Způsobuje inhibici růstu bakterií rodu *Streptococcus mutans*, proto je vhodný do dentálních výrobků (Regnat et al., 2018).

Poslední dobou zájem o erythritol v potravinářství roste. Důvodem jsou jeho schopnosti zlepšení chuti potraviny a maskování některých nežádoucích pachutí jako je trpkost a

dráždivý účinek některých sladidel. Sám o sobě nemá žádnou pachut' a dokáže zvyšovat účinek jiných sladidel (Regnat et al., 2018).

Erythritol je využíván v mnoha odvětvích. V potravinářství samostatně nebo v kombinaci s jinými polyoly hlavně pro chuť, barvu a texturu výsledného produktu. Mezi takové produkty patří například nápoje, žvýkačky, čokoláda, bonbóny, pekařské výrobky. Dále se prodává i jako stolní sladidlo. Díky své mírné sladivosti dokáže nahradit cukr po objemové stránce pro výrobu výrobků se sníženým obsahem cukru nebo bez cukru. V kosmetickém průmyslu je používán v zubních pastách, ústních vodách, make-upu, parfémeh a deodorantech. V lékařství je vhodný pro výrobu tablet, prášků, potahovaných tablet, pastilek, žvýkaček se zdravotním účinkem a sirupů (Regnat et al., 2018).

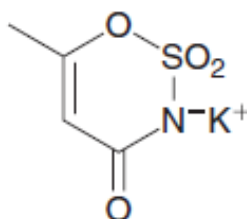
Z pohledu výživy je vhodný pro snížení kalorického příjmu díky jeho nízké energetické hodnotě. Je použitelný i pro diabetiky, protože nemá vliv na glykemický index ani na hladinu glukózy v krvi. Není kariogenní, což znamená, že nenapomáhá vzniku zubního kazu a má antioxidační účinky na buňky v těle. Jeho denní příjem je maximálně 1,24 g (Mäkinen et al., 2016; Regnat et al., 2018; Ruiz-Ojeda et al., 2019).

3 NÍZKOKALORICKÁ SLADIDLA VYROBENÁ SYNTETICKY

Synteticky vyráběná nízkokalorická sladidla se získávají průmyslovým zpracováním přírodních surovin nebo jejich syntézou. Mezi ty nejpopulárnější patří aspartam, sukralosa, acesulfam K a dnes nejnovější neotam a advantam.

3.1 Acesulfam K

Jedná se o cyklický sulfonamidový derivát s číselným označením kódu E 950, který je schválen dle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 jako sladidlo pro potravinářské použití. Dnes se jedná o jedno z nejdůležitějších intenzivních sladidel. Acesulfam draselný byl objeven náhodou v roce 1967 a v tom roce byl i poprvé syntetizován. Jeho výroba je poměrně jednoduchá. Proces získávání je založen na bázi kyseliny sírové a diketenu, kdy jejich reakcí vzniká acetoacetamid-N-sulfonová kyselina. V přítomnosti oxidu siřičitého se cyklizuje na acesulfamový kruh (Cao et al., 2020; O'donnell a Koarsley, 2017).



Obrázek 9 Acesulfam K – strukturní vzorec (O'donnell a Koarsley, 2017)

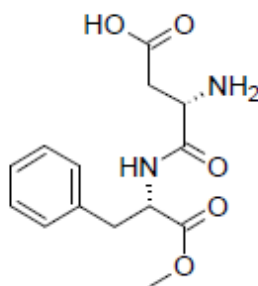
Na obrázku 9 je ukázána struktura acesulfamu K. Ve volné formě se chová jako kyselina a tvoří draselnou sůl v reakci s hydroxidem draselným. Acesulfam K je 200krát sladší než cukr a chuť má velmi podobnou sacharóze (Cao et al., 2020; Klescht et al., 2006). Sladkost acesulfamu je vnímána jako rychlá bez nepříjemné prodlevy ve srovnání s aspartamem a sukralosou. Sladkost zpravidla nepřetrvává déle než vlastní chuť potraviny, ve které je obsažen. Jeho organoleptické vlastnosti jsou ovlivněny tím, ve které potravíně se nachází. Při nízkých koncentracích je jeho chuť čistá (O'donnell a Koarsley, 2017). Nejčastěji se acesulfam K používá v podobě bezbarvých nebo bílých krystalků a je termostabilní. Výhodou je i možnost jeho použití v kombinaci s jinými sladidly, protože je schopný synergismu. Obvykle se takto míchá pro zvýšení intenzity výsledné sladivosti. Například při použití s cyklamátem a aspartamem se jeho organoleptické vlastnosti zlepšují, avšak při příliš velkém dávkování může docházet ke změnám příchuti následných produktů (Klescht

et al., 2006). V ternárních směsích s aspartamem a cyklamátem může zvyšovat sladivosti i o 90 % a u binárních látek se sladivost ve směsi s aspartamem může zvýšit v rozmezí mezi 40–50 %. Rychlý vzestup vnímání sladkosti při konzumaci acesulfamu se také dobře kombinuje s chutí cukerných alkoholů. Mají pak plnou a zaoblenou sladkost a obvykle jsou hodnoceny lépe než sladkost samotných cukerných alkoholů, které bývají vnímány jako chuťově „ploché“. Ve směsi se acesulfam používá pouze v množství potřebném k úpravě a zaokrouhlení sladivosti na požadovanou úroveň. Lze jej také kombinovat se sladkými sacharidy, směsi s glukózo-fruktózovými sirupy, s komplexními sacharidy jako je oligofruktóza a inulin. Při kombinaci s komplexními sacharidy vzniká vysoký synergický účinek kladně ovlivňující kvalitu sladkosti a pocit v ústech (O'donnell a Koarsley, 2017).

Z výživového hlediska má acesulfam K nulovou kalorickou hodnotu, není metabolizován ve střevě ani bakteriemi v dutině ústní a až 95 % této látky se z trávicího systému vyloučí močí. Doposud nebyly zjištěny žádné specifické vlivy na funkci organismu (Cao et al., 2020; O'donnell a Koarsley, 2017). Jelikož se jedná se o nestravitelnou látku, tak nemá vliv na vznik dentálních potíží a je často využíván pro diabetické účely. Jeho přijatelná denní dávka ADI byla stanovena na 9 mg/kg tělesné hmotnosti (Čopíková et al., 2019; Klescht et al., 2006).

3.2 Aspartam

Aspartam byl objeven roku 1965 (Mooradian et al., 2017). Jedná se o dipeptid složený z fenylylalaninu a kyseliny asparagové, v němž je karboxylový konec fenylylalaninu metylován. Aspartam je přídatná látka, která je 180–200krát sladší než sacharóza. Má příchut' podobnou cukru a je bez vedlejších pachutí. Jeho označení kódem je E 951 (dle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008). Jeho přijatelný denní příjem je 0–40 mg/kg tělesné hmotnosti na den, a jeho kalorická hodnota je tak malá, že je téměř zanedbatelná (Cao et al., 2020; Klescht et al., 2006; Tiefenbacher, 2017). Toto sladidlo bylo první sladidlo schválené úřadem FDA roku 2002, ale používaný byl již od roku 1981. Dnes je ve více než 6000 různých typech výrobků (Casto-Mañoz et al., 2022; Marinovich et al., 2013).



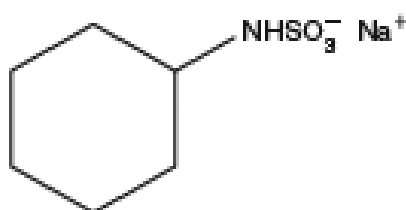
Obrázek 10 Aspartam – strukturní vzorec (Čopíková et al., 2013)

Aspartam je prášek bílé barvy, který nesnese vystavení vysokým teplotám. Jeho struktura je znázorněna na obrázku 10. Při dlouhodobém skladování dochází ke ztrátě sladivosti (Cao et al., 2020; Klescht et al., 2006). Nejvyšší stabilitu vykazuje při hodnotě pH 4,3. Při velmi kyselém nebo zásaditém pH nebo za vyšší teploty může docházet k hydrolyze a vzniku metanolu (Bueno-Hernández et al., 2019; Tiefenbacher, 2017). Aspartam je vhodný pro použití v nápojích, cukrovinkách, výrobkách z mléka, při výrobě krémů dezertních směsí, jogurtů, cereálií. Mimo potraviny má využití také v léčivech (Marinovich et al., 2013; Tiefenbacher, 2017).

Ačkoliv se jedná o schválené sladidlo, vliv aspartamu na lidský organismus se i nadále zkoumá. Kolem aspartamu je mnoho spekulací ohledně oxidačního stresu v krevních buňkách i při jeho doporučené ADI, která je 40 mg/kg za den (Rajchl, 2019). Mezi rizikové faktory konzumace aspartamu, na který upozorňují některé odborné studie, patří možné narušení funkce buněk nervového systému, hepatotoxicita nebo poruchy funkce ledvin (Casto-Mañoz et al., 2022). Ve většině výstupů těchto studií se objevovaly chyby, díky kterým se pohled na aspartam nijak prozatím nezměnil. Z testování na zvířatech se potvrdilo, že aspartam není genotoxický a pro zdravé konzumenty je bezpečný (Marinovich et al., 2013; Ruiz-Ojeda et al., 2019). Jako pozitivum jeho používání je uváděno, že neovlivňuje krevní tlak, nemá vliv na glykémii a je vhodný pro diabetiky (Casto-Mañoz et al., 2022). Jeho konzumace ale není vhodná pro osoby trpící fenylketonurií, protože jeho hydrolyzou vzniká právě fenylalanin, který je v případě fenylketonurie nutné ze stravy eliminovat (Casto-Mañoz et al., 2022).

3.3 Cyklamát

Cyklamát byl objeven roku 1937. FDA v roce 1969 zakázal cyklamát jako sladidlo z důvodu karcinogenity, což se nakonec nepotvrdilo (Mooradian et al., 2017). V roce 1982 Odborný výbor FAO/WHO pro potravinářské přídatné látky znovu stanovil ADI cyklamátu na hodnotu 0-11 mg/kg na den (Klescht et al., 2006). Kyselina cyklámová a její vápenaté a sodné soli jsou pro použití v potravinách označeny kódem E 952 (dle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008). Struktura cyklamátu sodného je znázorněna na obrázku 11.



Obrázek 11 Cyklamát sodný – strukturní vzorec (O'donnell a Koarsley, 2017)

Cyklamát má ve srovnání s ostatními sladidly poměrně nízkou sladivost, která je jen 30–40krát vyšší než sladivost sacharózy. Ve formě soli vykazuje velmi dobrou rozpustnost při pokojové teplotě. Je stabilní v rozmezí pH od 2 do 10. Jeho primární využití je v kombinaci se sacharinem pro výrobu nápojů, sladidel a cukrovinek. Touto kombinací sladidel dojde k lepšímu chuťovému profilu produktů. Nejčastější poměr pro jejich kombinaci je cyklamát:sacharin 10:1 (Klescht et al., 2006; Pavanello et al., 2023; Tiefenbacher, 2017).

V případě cyklamátu se objevily spekulace o možném působení na vznik nádorů u potkanů, ale pro člověka je stále brán jako sladidlo nevyvolávající genotoxicitu (Pavanello et al., 2023; Tiefenbacher, 2017).

3.4 Isomalt

Isomalt byl objeven v roce 1957 při bakteriální fermentaci cukru. Toto nízkokalorické sladidlo isomalt je označeno je E 953 (dle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008). Isomalt je polyol a je tvořen dvěma molekulami, a to konkrétně glukózou a mannitolem (O'donnell a Koarsley, 2017; Tiefenbacher, 2017).

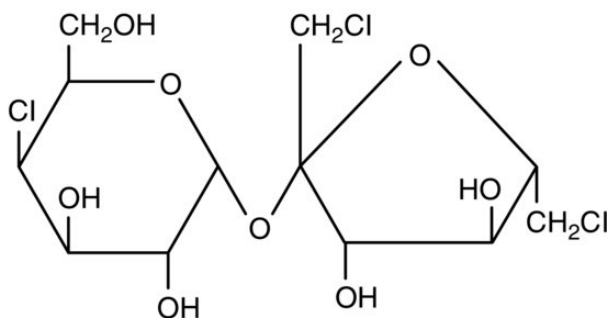
Jeho čistou formou jsou bezbarvé krystalky jehlicového tvaru, které snesou vysoké teploty a jsou díky tomu vhodné k tepelné úpravě pokrmů například vařením a pečením. Teplotu tání má při teplotách 140-150 °C. Při pečení u něj nedochází k Mailardovým reakcím ani ke karamelizaci. Isomalt je stabilní v širokém rozmezí pH. Při dlouhodobém skladování nedochází ke změnám ani ztrátám jeho sladivosti. Skladování isomaltu je snadné, protože krystalky nevážou vodu, tudíž se nejedná o hygroskopickou látku. Jeho rozpustnost je nízká, dokonce nižší než u sacharózy, ale s rostoucí teplotou roste i jeho rozpustnost (Klescht et al., 2006; O'donnell a Koarsley, 2017; Tiefenbacher, 2017).

Sladivost isomaltu je 0,45-0,6 oproti sacharóze, která má sladivost 1. Síla sladivosti roste s výší koncentrace v roztoku. Chuť má velmi podobnou sacharóze bez dalších pachutí. Pro své chuťové vlastnosti se kombinuje s dalšími sladidly. Po sensorické stránce jsou tyto kombinace sladidel v konečném produktu chuťově nerozeznatelné od produktu obsahující sacharózu (O'donnell a Koarsley, 2017).

ADI isomaltu je 0,5 g na den bez způsobení zdravotních rizik (Klescht et al., 2006). Isomalt lze použít v široké škále výrobků od výrobků bez cukru a výrobků s nízkou glykemickou a inzulínovou odezvou přes výrobky se sníženým obsahem kalorií. Má pozitivní vliv na hladinu glukózy v krevní plazmě u jedinců s diabetem, u kterých docházelo ke zlepšení. Naopak u zdravých osob nemá isomalt žádný vliv na hladinu glukózy v krevní plazmě. Dá se tak zlepšit kontrola glykémie u diabetiků. Prospěšná je také jeho vysoká mikrobiologická stabilita, která napomáhá zvyšovat trvanlivost produktů a jeho nekariogenita. Isomalt se používá při výrobě žvýkaček, želatiny, čokolády, pečiva a jogurtů (O'donnell a Koarsley, 2017; Ruiz-Ojeda et al., 2019).

3.5 Sukralosa

Sukralosa je výsledkem výzkumného programu, který byl zaměřen na nalezení nových potravinářských alternativ cukru (O'donnell a Koarsley, 2017). Syntetizována byla v roce 1979 ze sacharózy nahrazením tří hydroxylových skupin chlorem. Struktura je znázorněna na obrázku 12 a její označení je E 955 (dle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008). Roku 1999 byla schválena FDA (Mooradian et al., 2017). Dnes se vyrábí ze sacharózy pomocí chemické modifikace. Tato operace vede ke zvýšení intenzity sladivosti, ale stále zachovává chuť podobnou cukru. Sladivost chlorovaného disacharidu je 320-1000krát větší než sladivost sacharózy (Cao et al., 2020; O'donnell a Koarsley, 2017).



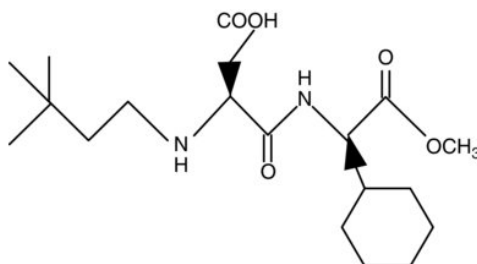
Obrázek 12 Sukralosa – strukturní vzorec (O'donnell a Koarsley, 2017)

Sukralosa se vyrábí ve formě bílého krystalického prášku, který není hygroskopický. Sukralosa je termostabilní do teploty až 125 °C, kdy má bod tání. Pro svou tepelnou odolnost se dá použít pro výrobu pečených výrobků. Celkově je sukralosa vhodná do nápojů, pečiva, cereálií, dezertů, džemů, želé atd (Magnuson et al., 2017). Nevýhodou tohoto sladidla je, že při nedokonalém rozpuštění může při pečení docházet k tvorbě hnědých skvrn z důvodu Mailardových reakcí, jinak nemá vliv na výslednou barvu potravin. Je stabilní v širokém rozmezí pH. Při nízkém pH dochází k pomalé hydrolýze na 2 chlorované monosacharidy. Od pH 4 do pH 7 již nedochází k rozkladu. Podle dostupných studií se produkty hydrolýzy v těle netvoří, avšak je možnost, že se v malém množství vytváří v kyselých potravinách při dlouhém skladování (Casto-Mañoz et al., 2022; Magnuson et al., 2017; Tiefenbacher, 2017).

Sukralosa nemá genotoxický potenciál a nemá vliv na vznik rakoviny. Přestože je podle některých studií vhodnou alternativou cukru pro osoby s diabetem a obezitou, v jiných odborných studiích bylo zjištěno, že zvyšuje hladinu inzulínu a glukózy u obézních žen a zvyšuje riziko diabetu a přibývání na váze. Maximální denní doporučený příjem sukralosy je 0-15 mg/kg na den (Cao et al., 2020; Khamise et al., 2020; Magnuson et al., 2017).

3.6 Neotam

Neotam je používáný pod označením E 961 (dle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008). Jedná se o derivát aspartamu viz. obrázek 13 a získává se reductivní alkyací aspartamu (Cao et al., 2020; O'donnell a Koarsley, 2017).



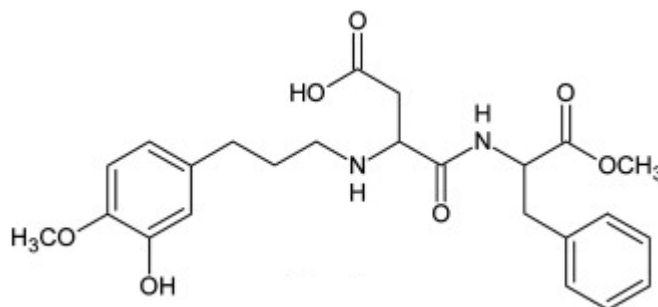
Obrázek 13 Neotam – strukturní vzorec (O'donnell a Koarsley, 2017)

Neotam je bílý krystalický prášek s bodem tání při teplotách 80,9-83,4 °C. Oproti aspartamu je lépe rozpustný ve vodě. Jeho stabilita v potravinách je rovněž podobná aspartamu, avšak vykazuje lepší stabilitu při neutrálním pH. Sladivostí 7000-13000krát vyšší, než je u sacharózy překonal aspartam. Je tudíž nejsilnějším dostupným sladidlem této doby. Jeho sladká chuť je podobná cukru a zároveň je v něm cítit lékořice. Chuť lékořice se zintenzivňuje při zvyšování jeho koncentrace. Ve srovnání s aspartamem má pomalejší nástup a delší účinnost sladké chuti a na rozdíl od jiných sladidel má neotam zvýrazňující a modifikační vlastnosti. Zvýrazňuje ovocné, vanilkové a mátové příchutě, čímž umožňuje použití menšího množství těchto ochucovadel ve výrobcích. Tyto vlastnosti je potřeba zohlednit při výrobě z důvodu následné změny chuti výrobku a je potřeba vhodně pozměnit recepturu. Synergie u neotamu je docela nízká, dá se míchat například se sacharinem. Používá se do omáček, čajů, nealkoholických nápojů a mléčných nápojů (Cao et al., 2020; O'donnell a Koarsley, 2017).

Neotam má sice podobnou strukturu jako aspartam, ale je bezpečný pro osoby trpící fenylketonurií i pro diabetiky. Z testování na zvířatech se zjistilo, že samotný neotam ani produkty jeho rozkladu nejsou mutagenní a nebyla u něj zaznamenána toxicita. Doporučená hodnota ADI je 0-2 mg/kg tělesné hmotnosti na den (Cao et al., 2020; O'donnell a Koarsley, 2017; Ruiz-Ojeda et al., 2019).

3.7 Advantam

Advantam také patří ke sladidlům vyvinutých v rámci programu hledání sladidel nové generace. Syntetizuje se z aspartamu a propylaldehydu jednostupňovou reduktivní N-alkylací. Byl FDA schválen k používání v roce 2014 jako univerzální nízkokalorické sladidlo (Casto-Mañoz et al., 2022; Mooradian et al., 2017; O'donnell a Koarsley, 2017). Jeho struktura je znázorněna na obrázku 14.



Obrázek 14 Advantam – strukturní vzorec (Otabe et al., 2011)

Advantam se vyrábí ve formě prášku bílo žluté barvy s označením E 969 (dle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008). Jeho sladivost je 20000krát vyšší než sladivost sacharózy a zároveň má 70–120krát vyšší sladivost než aspartam. Chuť je u advantamu vnímána jako čistá, podobná aspartamu s velice slabým tónem hořké a kyselé pachuti. Bod tání má při 101,5 °C (Čopíková et al., 2013; O'donnell a Koarsley, 2017), je vhodný do pečených výrobků díky své dobré tepelné stabilitě (Mooradian et al., 2017). V suché podobě nedochází k jeho degradaci, avšak v roztoku po čase k degradaci dochází a k tomu se i lehce ztrácí sladivost, i přesto se používá jako sladidlo do nápojů. Ve vodě není rychle a dobře rozpustný, což nijak moc neovlivňuje jeho použití, protože se vždy aplikuje jen ve velmi malém množství. V roztoku je stabilní při neutrálním až nízkém pH (O'donnell a Koarsley, 2017; Otabe et al., 2011).

Obecně se jedná o víceúčelové sladidlo, které rozšiřuje nabídku sladidel do výrobků. Používá se jako sladidlo do kávy, ledových čajů a práškových nápojů. Jako zvýrazňovač chuti se pak používá u žvýkaček, v nápojích a v jogurtech (Otabe et al., 2011).

Jeho ADI pro Evropu činí 0-80 mg/kg na den. Neovlivňuje homeostázu glukózy, čímž je vhodný pro osoby s onemocněním diabetes. Dále je vhodný pro snížení tělesné hmotnosti. Advantam nepředstavuje zdravotní riziko, nebyla u něj prokázána toxicita ani karcinogenita (Otabe et al., 2011; Ruiz-Ojeda et al., 2019).

4 SLADIDLA DLE LEGISLATIVY

Pro Českou republiku jakožto členského státu Evropské unie se vztahují nařízení EU. Pro sladidla je několik nařízení a vyhlášek a v této práci byly uvedeny jen některé z nich. Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách. Nařízení Komise (EU) č. 1129/2011, kterým se mění příloha II nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 vytvořením seznamu potravinářských přídatných látek Unie. Nařízení Komise (EU) č. 1131/2011, kterým se mění příloha II nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1333/2008, pokud jde o steviol-glykosidy. Nařízení Komise (EU) 2016/479, kterým se mění příloha II nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008, pokud jde o použití steviol-glykosidů (E 960) jako sladidla v některých nápojích se sníženým obsahem energie nebo bez přidaných cukrů.

V těchto nařízeních jsou informace o tom, která sladidla jsou používána, jaké mají označení E kódy viz tabulka 1 a jaké je povolené maximální množství a podmínky pro použití sladidel a jiných přídatných látek v jednotlivých komoditách potravin. Je v nich také uveden zákaz používání přídatných látek u vybraných potravin jako jsou čistě přírodní produkty například med, z mléčných produktů je to máslo, mléko bez příchutí nebo také káva a její extrakty. Důležitou položkou, u které je zakázáno používat přídatné látky jsou potraviny pro kojence a malé děti dle nařízení (EU) č. 609/2013 (Klesch et al., 2006).

Tabulka 1 Seznam náhradních sladidel dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008)

Číslo označení E	Název
E 420	Sorbitol
E 421	Mannitol
E 950	Acesulfam K
E 951	Aspartam
E 952	Kyselina cyklamová a její sodná a vápenatá sůl
E 953	Isomalt
E 954	Sacharin a jeho sodná, draselná a vápenatá sůl
E 955	Sukralosa
E 957	Thaumatococin
E 959	Neohesperidin DC
E 960	Steviol-glykosidy
E 961	Neotam
E 962	Sůl aspartamu-acesulfamu
E 964	Polyglycitolový sirup
E 965	Maltitol
E 966	Laktitol
E 967	Xylitol
E 968	Erythritol
E 969	Advantam

4.1 Informace o sladidlech na obalu výrobku

Pro informování zákazníků o složení potravin slouží obal, na kterém musí být uvedeny veškeré důležité informace. Producenti potravin mají povinnost informovat zákazníka o tom, co je ve výrobku obsaženo. Způsob a podmínky pro označování obalů je uvedeno v nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům, v zákonu č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů a v zákonu č. 174/2021 Sb., zákon, kterým se mění zákon č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony.

Obaly potravin v tržním řetězci v České republice musí obsahovat název potraviny, seznam složek potraviny, množství určitých složek (například pro čokoládová tyčinka musí mít uvedeno množství čokolády), návod k použití (pokud je to nutné), výživové hodnoty, přítomnost alergenů, datum minimální trvanlivosti nebo datum spotřeby, podmínky

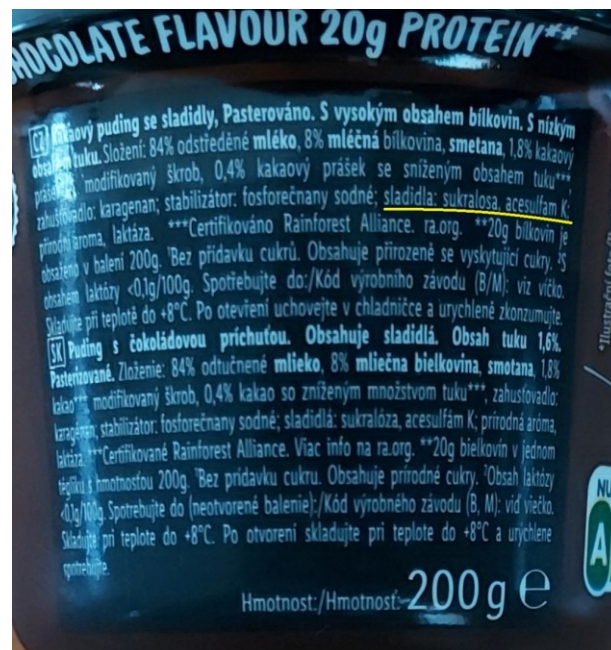
skladování. Další důležité informace jsou například název firmy, která výrobek zpracovala a název firmy, která jej zabalila, identifikační kód, původ potraviny, jakostní třídu potraviny, zvláštní označení (dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 a Zákona č. 110/1997 Sb.).

V tržním řetězci se pro přípravu pokrmů v domácnosti často vyskytují směsi umělých sladidel nebo jejich čisté formy v samostatném balení. Dalším místem, kde se objevují sladidla v tržním řetězci jsou hotové produkty, jako jsou nízkotučné jogurty s příchutí, nízkotučná mléka s vysokým obsahem proteinu a s příchutí, fitness proteinové tyčinky, limonády, džusy, potraviny pro diabetiky, nízkokalorické potraviny atd. Na všech produktech musí být vhodná etiketa (Klescht et al., 2006).

Použití sladidel má být označeno v blízkosti názvu produktu například limonáda bez cukru, limonáda light, limonáda se sníženým obsahem cukru. Na ilustračním obrázku 15 je uvedeno na víčku „With sweeteners“. Použité sladidlo musí být uvedeno v seznamu složek potravin, které se řadí v sestupném pořadí od nejvíce zastoupené látky až po tu nejméně. Zde se označují slovně například sukralosa, acesulfam K viz obrázek 16. Za slovním označením se může ještě uvádět označení E kódem. Číselné označení kódem E jsou takto uvedeny i další přídatné látky, jako jsou barviva, konzervanty, aromata. V případě, že sladidlo nemá tento kód, tak je přímo vypsáno názvem (dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 a Zákon č. 110/1997 Sb.).



Obrázek 15 Víčko pudingu s obsahem sladidel (Lucie Kunčarová)



Obrázek 16 Obsah látek obsažených v pudingu (Lucie Kunčarová)

5 ZDRAVOTNÍ PŘÍNOSY A RIZIKA SLADIDEL

Tato kapitola je věnována zdravotním benefitům, ale také rizikům, které s sebou používání sladidel ve stravě přináší. Mezi přínosy se řadí nižší kalorický příjem, kontrola hladiny cukru v krvi zejména u lidí s diabetem, snížení rizika vzniku zubních kazů. Mezi rizika patří například vliv na zdraví střevního mikrobiomu, vliv na kardiovaskulární onemocnění, chuť potravin.

Velká část těchto vlivů a rizik je stále předmětem řady odborných studií a mnoho je stále jen v teoretické rovině bez konečného závěru.

5.1 Vliv sladidel na diabetes

Ke chronickému onemocnění *diabetes mellitus* druhého typu známého taky jako cukrovka druhého typu dochází při nedostatku inzulínu nebo v důsledku rezistence vůči inzulínu na buněčné úrovni. Jedná se o metabolickou poruchu spojenou s funkcí pankreatického hormonu inzulínu, který pomáhá regulovat hladinu glukózy v krvi (Ojo-Kayode et al., 2022).

Změna způsobu stravování populace odpovídá rychlejší a snazší výrobě potravin a současně ke zvyšování zastoupení sacharidů v denním příjmu potravy. Například pečivo je potravina, která má snadnou výrobu ve velkém množství a dostatečně nasytí. Industrializace výroby potravin a změna jídelníčku, ve smyslu zvyšování příjmu cukru a snižování množství vlákniny, napomohla ke vzniku tolerance na stravu s vyšším obsahem glukózy. Není tomu tak u všech. Vysoká glykemická odezva se objevuje častěji u lidí, kteří se neadaptovali na změnu stravy, a tak u nich nastávají zdravotní komplikace jako je cukrovka (O'donnell a Kearsley, 2017). Za zvyšováním počtu diabetiků, mimo výše zmíněný vyšší příjem cukru, stojí zejména vysoký příjem energeticky bohaté stravy, obezita a sedavý způsob života. Také k rozvoji diabetu přispívá produkce volných radikálů, která doprovází stav hyperglykémie (Oloyede et al., 2015). Dalším faktorem ovlivňující riziko vzniku diabetu 2. typu jsou složky potravin, jejich množství a kvalita sacharidů v těchto potravinách (O'donnell a Kearsley, 2017). Inzulínová rezistence se může objevit i v souvislostech, které se na první pohled nezdají, že by s diabetem mohly mít něco společného. Mezi takové souvislosti patří průběh těhotenství, rakovina, sepse, popáleninová traumata, a dokonce i hladovění (Ojo-Kayode et al., 2022). S diabetem druhého typu souvisí i nadměrné množství podkožního a vnitřního tuku, a také to souvisí se srdečním onemocněním. Dalším velmi důležitým faktorem pro přežití nemocných diabetem je adekvátní energetický příjem pro snížení vzniku obezity nebo v případě nadváhy pro snížení hmotnosti (O'donnell a Kearsley, 2017) viz 5.2.

Diabetes 2. typu se stává čím dál více běžným onemocněním. Jen v České republice bylo v roce 2012 s tímto onemocněním léčeno 841 227 osob (Karen et al., 2014). Na světě trpí diabetem 2. typu 90–95 % diabetiků a zbylých 5 % trpí diabetem 1. typu. Léčba diabetu zahrnuje několik důležitých kroků, mezi které se řadí konzumace vyvážené stravy s kontrolou hladiny glukózy v krvi, cvičení a farmakologická léčba, včetně užívání inzulínu (Ojo-Kayode et al., 2022). Lidé trpící cukrovkou musí při dodržování diety omezit takové potraviny, které vyvolávají rychlý vzestup glukózy v krvi a zvyšují krevní tlak. Pro takovou skupinu lidí jsou na trhu produkty určené primárně pro diabetiky. U těchto výrobků musí být přísně hlídány požadavky a předpisy pro výrobky, které cukry jsou zakázané a které povolené a jejich alternativy (Tiefenbacher, 2017). V případě, že nemocný člověk nedokáže omezit konzumaci slazených potravin, tak může sáhnout po sladidlech. Nejlepší volbou ve sladidlech z pohledu diabetu jsou přírodní sladidla, která současně se sladce chutnajícími látkami obsahují také flavonoidy. Vhodnou volbou může být stévie a další rostlinná sladidla (Chowdhury et al., 2022).

5.1.1 Vliv glykémie na diabetes

Glykemický index (GI) je parametr hodnocení potravin, který je matematicky odvozen pro měření odezvy glukózy v krvi na konzumaci dané potraviny. Je to bezrozměrné číslo v rozmezí 0-100. Hodnocení GI není zcela přesné, výsledná hodnota je ovlivněna mnoha faktory jako je například zralost ovoce. I přesto tyto tabulky jsou a využívají se právě při stravování nemocných a obézních jedinců, ale i u zdravých osob pro vyváženost a kontrolu stravy. Hodnoty GI se stanovují experimentálně podáním potraviny nalačno. Hodnotí se reakce na 50 g sacharidů a každé 2 hodiny se měření opakuje. Jako referenční bod se používá glukóza v čistém stavu s hodnotou GI 100 (Bas, 2016; O'donnell a Kearsley, 2017; Venn a Green, 2007).

Dalším hodnotícím parametrem je glykemická nálož (GL), která udává, jak rychle se sacharidy z potravin stráví a vstřebají a zároveň zohledňuje množství přijatých sacharidů ve zkonsumovaném množství jídla. Hodnota GL se získává z výpočtu celkových hodnot GI vynásobených množství sacharidů z celkové porce. Některé potraviny mohou mít vysoké GI jako například určité druhy ovoce jako jsou jahody, meloun a jiné, ale výsledné GL u těchto potravin bude nízké, protože na svou porci obsahují celkově málo sacharidů (Bas, 2016; O'donnell a Kearsley, 2017; Tiefenbacher, 2017; Venn a Green, 2007).

Uvádí se, že 30–40 % onemocnění diabetu druhého typu vzniká v souvislosti s vysokou hodnotou GL ve stravě. Zároveň dochází i k podpoře rozvoje kardiovaskulárních onemocnění zejména u žen. Z hlediska výživy jsou vhodnější potraviny s nízkou hodnotou GL. Obzvláště diabetici, by měli upřednostňovat potraviny obsahující sacharidy s nízkou hodnotou GL (O'donell a Kearsley, 2017; Tiefenbacher, 2017).

Tabulka 2 Klasifikace GI, GL, (O'donell a Kearsley, 2017; Veen a Green, 2007)

klasifikace	GI ve 100 g	GL na den
vysoký	>70	>20
střední	>55-70	>11-19
nízký	<55	0-10

V tabulce 2 je uvedeno základní rozdělení rozmezí hodnot GI a GL s příslušnou klasifikací. Sacharidy mají velký vliv pro trávicí enzymy a na výsledný glykemický index a většinou je jejich hodnota GI v klasifikaci hodnocena od 55 a více v závislosti na druhu sacharidů (Tiefenbacher, 2017). Nyní je pro kontrolu glykémie doporučováno dodržovat nízko glykemickou dietu s vysokým obsahem vlákniny a s nízkým obsahem nasycených tuků. Výběr potravin s nízkou hodnotou glykemického indexu ve stravě je prospěšná i u zdravých lidí pro snížení rizika onemocnění cukrovkou, kardiovaskulárním onemocnění, degenerace a některé druhy rakoviny (O'donell a Kearsley, 2017; Venn a Green, 2007).

Tabulka 3 Ukázka potravin s různými hodnotami GI a GL (Foster-Powell et al., 2002)

Název	GI	GL	Název	GI	GL
Fanta	68 ± 6	23	sójové banánové smoothie	30 ± 3	7
brusinkový džus	68 ± 3	16	jablečný džus	37 ± 3	10
bílá bageta	95 ± 15	15	celozrnný ječný chléb	43	5
bezlepkový více zrný chléb	79 ± 13	10	rýžový chléb s vysokým obsahem amylozy	61 ± 9	7
brambory pečené ve slupce	60	18	brambory loupané, nakrájené na kostky, vařené v osolené vodě 15 min	58	16

V tabulce 3 je uvedeno několik příkladů hodnot GI a GL potravin. V levé části tabulky jsou potraviny s vyšší hodnotou GI a GL a v pravé části tabulky naopak s nižším skóre GI. U potravin závisí jak na typu potraviny, tak na druhu zpracování, například délka vaření rýže zvyšuje hodnotu GI. Naopak vhodná kombinace potravin, například u oběda tvořeného z masa, přílohy, omáčky a zeleniny, se hodnota GI celého jídla snižuje. Glukóza má hodnotu GI 100 a v této tabulce se bere jako referenční hodnota. Na světě je nespočet množství a druhů potravin a v každé zemi a každé pekárně se může lišit GI o malou hodnotu (Foster-Powell et al., 2002). Pro snížení glykemické odezvy na stravu je třeba správným výběrem potravin, ale také volba vhodné úpravy potravin a složek k tomu použitých. I u potravin s vyšším obsahem nasycených tuků je záměna cukrů za sladidla žádoucí, protože vyvolá sníženou glykemickou a inzulínovou odezvu, i když výsledná hodnota snížení poskytované energie by byla významnější, kdyby došlo současně také k redukci obsahu tuku v potravine (O'donell a Kearsley, 2017).

5.1.2 Pozitivní vliv sladidel na diabetes

V tabulce 4 jsou vypsány 3 sladidla a jejich hodnota GI. Sladidla povětšinou nemají vliv na glykemický index. Třeba aspartam jako nízkokalorické sladidlo. Stejně tak sukralosa. U takových sladidel by se díky jejich sladivosti čekala vysoká GI odezva. Avšak právě naopak dochází za daných podmínek k výraznému snížení akutní glykémie (O'donell a Kearsley, 2017).

Tabulka 4 Ukázka GL u vybraných sladidel, o kterých se píše v této práci (O'donell a Kearsley, 2017)

sladidlo	GL na 100 g
erythritol	0
xylitol	12
isomalt	9

Umělá sladidla, ale i ty přírodní jsou přijímána v malém množství. V tomto případě nemají žádný glykemický efekt. Při metabolismu těchto sladidel z nich v těle nevzniká glukóza. Z toho vyplývá, že jejich konzumací místo cukru se zlepšuje minimálně kontrola glykémie (O'donell a Kearsley, 2017).

Pozitivní vliv na diabetes druhého typu má například *Dioscoreophyllum cumminsii*. V Nigérii patří rostlinný přípravek z *Dioscoreophyllum cumminsii* mezi léčebné přípravky

diabetu (Oloyede et al., 2015). Hlavním důvodem může být obsah flavonoidů. Ty jsou hlavním metabolitem rostlin a mají antidiabetickou aktivitu (Chowdhury et al., 2022). Také při výzkumu vlivu vodného extraktu z listu této rostliny na potkanech s diabetem bylo zjištěno snížení hladiny glukózy v krvi a snížení oxidačního stresu a dyslipidemie. Po 21 dnech užívání došlo ke snížení tělesné hmotnosti. Také se snížila hladina glukózy a inzulínu v krevní plazmě, to vše v závislosti na podávaném množství (Oloyede et al., 2015).

V odborných studiích je věnována pozornost antidiabetickému účinku steviosidu. U zdravých osob nebo osob s onemocněním diabetes bylo ve studiích potvrzeno snížení postprandiální hladiny glukózy v krvi při záměně cukru za stévii (Ojo-Kayode et al., 2022). Výsledky nejnovějších studií poukazují na možnost, že po konzumaci stévie dochází ke stimulaci sekrece inzulínu působením na beta buňky slinivky břišní. V jiné studii došli k závěru, že snižuje hladinu glukózy v krvi až o 35 %. Další zase prokázala, že stévie významně snížila hladinu glukózy v krvi nezávisle na inzulínu (Chowdhury et al., 2022; O'donell a Kearsley, 2017; Samuel et al., 2018).

Isomalt studovaný na pacientech s diabetem ukázal, že má pozitivní vliv na hladinu glukózy v krevní plazmě na lačno a po jídle na hodnoty glykovaného hemoglobinu. U zdravých osob neměl isomalt žádný vliv (O'donell a Kearsley, 2017).

Erythritol je také účinný na snížení GL stejně jako isomalt až do příjmu 50 gramů denně v rozdělených dávkách. Takovýto rozsah snížení sacharidů ve stravě má zdravotnický i klinický význam (O'donell a Kearsley, 2017).

Sladidlo aspartam a sacharin neovlivňují inzulínovou odpověď v cefalické fázi, nezpůsobují zvýšení hladiny inzulínu. Nedochází ke snížení glykémie pomocí inzulínu (O'donell a Kearsley, 2017).

Aspartam neovlivňuje koncentraci inzulínu u osob s diabetem, ale snižuje plazmatickou koncentraci glukózy (Ruiz-Ojeda et al., 2019).

Mezi další příznivě působící sladidla patří mirakulin z rostliny *Synsepalum dulcificum*. Při studii na potkanech s diabetem 2. typu se prokázaly hypoglykemické účinky extraktů z plodů a listů. Došlo k významnému snížení hladiny glukózy a cholesterolu v krvi. V Japonsku je to žádané sladidlo mezi pacienty s cukrovkou (Wer Ee et al., 2022).

5.2 Vliv sladidel na obezitu

Obezita se řadí mezi onemocnění, které se projevuje nadměrným množstvím tělesného tuku a hmotnosti přesahující přirozenou váhu jedince (Kunešová et al., 2005). Počet lidí trpících obezitou se zvyšuje v důsledku příjmu vysoce kalorické a na tuky a cukry bohaté stravy, doprovázené nedostatkem pohybu a stresem (O'donell a Kearsley, 2017). Přibližně od roku 1970 došlo obecně k velké změně stravovacích návyků, kdy se zvýšil celkový příjem energie, zvýšil se příjem tuků, cukrů a energeticky vydatných potravin, a naopak se snížil příjem vlákniny (Pang et al., 2020). Podle odhadu WHO je na světě více než 1,1 miliardy dospělých trpících nadváhou a přibližně 115 milionů lidí má problémy související s obezitou v populaci nižší a střední třídy (Ibitoye et al., 2017). Nejnovějším odhadem z roku 2016 je 6,8 % obézních lidí ve věku 5–19 let trpících obezitou na světě. U lidí starších 18 let je prevalence obezity 13,1 % (WHO, 2022). Doporučený příjem volných cukrů ve stravě je podle WHO do 10 % maximálně, kdy ideální hodnota by měla být do 5 % z celkového denního energetického příjmu (Pang et al., 2020). Obezita je velký rizikový faktor poslední doby. Estetika a pohybové potíže při obezitě a nadváze jsou jen část problému. Důležité je, že patří mezi hlavní aktéry pro neinfekční nemoci jako je kardiovaskulární onemocnění, cukrovka 2. typu, osteoporóza, některé druhy rakoviny ateroskleróza, dyslipidemie, metabolický syndrom a další. Obezitou může člověk trpět měsíce až roky, než dojde k jejím projevům. Až následně na to se začne hledat řešení problému (O'donell a Kearsley, 2017; WHO, 2022).

Nejvhodnějším řešením obezity je snížení tělesné hmotnosti. K tomu je zapotřebí kalorický deficit, čehož lze dosáhnout stravou se sníženým obsahem energie. Největší příjem cukrů bývá v podobě nápojů jako jsou slazené vody, minerálky, energetické nápoje tak při slazení kávy a teplých nápojů. Po nápojích jsou problémové potraviny s vysokým podílem tuku a cukru jako jsou různé sladké dezerty, čokolády, dorty a podobně. Celkovým snížením příjmu nasycených tuků a sacharidů s vysokým obsahem glukózy se ovlivní energetický příjem. Pro snížení obsahu glukózy v potravinách se používají nízkokalorická sladidla, která mají ve stravě užitečnou úlohu poskytovat sladkost, aniž by se nějak projevovaly na energetické hodnotě. Jejich používání při nahrazování cukru vede k žádoucímu snížení celkové energetické hodnoty potravin a nápojů (Kim et al., 2019; O'donell a Kearsley, 2017; Pang et al., 2020).

Kromě snahy o celkové snížení energetického příjmu je potřeba, aby byla energetická rovnováha dlouhodobě udržitelná. Při metaanalýzách s příjmem sladidel po krátkou i

dlouhou dobu nad 6 měsíců se neprokázalo zvyšování hmotnosti. Tímto se potvrdilo, že z dlouhodobého hlediska mohou mít sladidla příznivý vliv na dlouhodobou kontrolu tělesné hmotnosti (O'donell a Kearsley, 2017; Pang, Goossens a Blaak, 2020).

Dále se řeší kompenzace snížení energie sladidly dojídaním a popřípadě i přejídáním. Toto chování se ve většině případů nepotvrdilo, a když už se tak stalo, tak výsledný příjem energie s lehkou konzumací navíc nevedlo k dorovnání nebo zvýšení energetického příjmu. Příjem zůstával i nadále nižší (Pang et al., 2020). Barbara Rollsová a její kolegyně na Penn State University došli k závěru, že nadměrná konzumace potravin je spojena se zvyšující se velikostí porcí a potřebám konzumace energeticky vydatných potravinám. Například při přípravě malé porce s malou hustotou jídla, které bylo zkonsumováno poměrně málo a pak velké porce s vysokou hustotou energie, které bylo zkonsumováno mnohem více. V případě sladkých jídel nedocházelo ke kompenzaci. Tato studie potvrzuje používání náhradních sladidel pro snížení příjmu energie (O'donell a Kearsley, 2017).

Další studie zkoumající snížení hmotnosti s pomocí sladidel byla provedena v šestiměsíčním intervalu s dětmi s nadváhou. Cílem bylo zamezit přibírání, a hlavně dosáhnout jejich normálního BMI. Každá ze dvou skupin dětí měla udělat denně 2000 kroků navíc, ale jedna měla k tomu snížení kalorií o 100. Těchto cílů dosáhlo podstatně více dětí ve skupině se sladidly než v kontrolní skupině. Při zkoumání vlivu sladidel u rodičů nedošlo k žádnému nárůstu tělesné hmotnosti. Tato studie potvrdila užitečnost umělých sladidel ve stravě a jejich zařazení do zdravého životního stylu. Další potvrzení pozitivního vlivu sladidel na obezitu je například účinek samotného aspartamu nebo v jeho kombinaci s jinými intenzivními sladidly na snížení a udržení tělesné hmotnosti u zdravých dospělých jedinců. Během 12 měsíců bylo přibližné snížení o 3 % hmotnosti, což odpovídá 0,2 kg týdně u člověka o hmotnosti 75 kg, což odpovídá zjištěním týkající se příjmu energie (O'donell a Kearsley, 2017).

5.2.1 Ovlivňování konzumace potravin sladidly

Lidské chuťové pohárky dokáží rozpoznat pět základních chutí a těmi jsou sladká, hořká, kyselá, slaná a umami. Za jejich vnímání jsou zodpovědné různé typy chuťových receptorů na jazyku. Stravovací chování lidí je často ovlivňováno právě chutí. Vytváří se tak touha po určitých výrobcích a tím je ovlivněno celkové množství přijaté energie. A vzhledem k tomu, že každý jedinec má jiné vnímání sladké chuti a jiné fyziologické ovlivňování centra hladu a sytosti, tak ne u všech se může snižování hmotnosti pomocí sladidel setkat s úspěchem

(Wilk et al., 2022). Byly provedeny studie zkoumající krátkodobé účinky na chuť k jídlu, pocit sytosti a příjem energie. Sytost je stav, kterým potraviny nebo jídla působí na tělo po jejich konzumaci. Při testování nekalorických objemových sladidel je primární hledisko to, zda ovlivňují spotřebitele k tomu, aby jedli méně, více nebo stejný počet kalorií ve srovnání s potravinami slazenými cukrem (O'donnell a Kearsley, 2017). Toto platí i u přírodních sladidel. U stévie nebyly prokázány žádné vlivy na zvýšení chuti k jídlu ani o následném dojídání se sladkými potravinami (Samuel et al., 2018). Největší snížení potřeby konzumace energetických potravin bylo zjištěno při konzumaci potravin s aspartamem a acesulfamem draselný. U zdravých lidí mohou vytvářet a navozovat stav sytosti (Mehat et al., 2022). Další pozorování proběhlo pomocí magnetické rezonance, kdy bylo prokázáno, že aspartam nevyvolává v mozgovém podvěsku reakce podobné těm, které se dějí u normálního cukru. Tyto předběžné výzkumy jsou opodstatněné, aby se prozkoumalo, zda mozek vykazuje stejnou reakci na kalorické cukry a na nízkokalorická sladidla (O'donnell a Kearsley, 2017).

Do této problematiky vstupují i různé teorie o vlivu sladidel na konzumaci potravin. Objevil se určitý předpoklad, že častá konzumace potravin obsahující sladidla, jako náhražkou cukru, může zvyšovat chuť na sladké potraviny. Tato citlivost byla ovšem pozorována u lidí trpících nadváhou. Další možné ovlivnění sladidly může být otupělost vůči chutím, které by celkově vedly k větší konzumaci potravin. V některých studiích se ukázalo, že jedinci s nadváhou měli menší vnímání chutě potravin oproti lidem s normální váhou. Tato teorie se však v dalších studiích nepotvrdila. Celkově lze usuzovat to, že každý jedinec reaguje na chuť individuálně, ne vždy nadměrná konzumace jídel se silnou chutí (sladkou, slanou a další výrazné chutě) snižuje celkový práh vnímané chuti (Wilk et al., 2022). Vznikl také předpoklad, že sladká chuť bez kalorické hodnoty máte regulační mechanismy organismu, což vede ke ztrátě kontroly nad chutí k jídlu a tato ztráta může vyvolat nadměrnou konzumaci (O'donnell a Kearsley, 2017). Podle některých vědců můžou umělá sladidla narušovat již naučené reakce na potraviny podobné cukru aktivací receptoru sladké chuti na jazyku. Dojde k signalizaci centrálního nervového systému anebo aktivaci systému odměny. Tyto vyvolané signály mohou podněcovat k chuti na energeticky vydatné potraviny a zvyšovat celkově chuť k jídlu. Rozdílné výsledky studií provedených na toto téma rozdělují veřejnost na dva tábory zastávající opačný názor. Ve studii na myších se teorie potvrdila, ale při studii na lidech nedocházelo ke zvýšení potřeby vyšší konzumace, a naopak došlo ke snížení (Mehat et al., 2022). Další problematikou podobnou této je, že strava se sladidly zasahuje do přirozené fyziologické a homeostatických procesů. Některé studie poukazují na

to, že použití umělého sladidla vyvolalo sladkou chuť, ale potravina neodpovídala kalorickým obsahem (Khamise et al., 2020). Nízkokalorická dieta může vést k falešné úspoře energie, protože energetický deficit, který je vytvořený změnou složení potravin snížením cukrů a tuků, je vyrovnán do původní energetické hladiny při dalším jídle nebo později během dne. Přestože byly tyto teorie některými studiemi vyvráceny, stále nejsou považovány za relevantní a jinými studiemi jsou rozporovány (O'donell a Kearsley, 2017).

Co se dá určitě potvrdit je to, že sladidla v potravinách působí na každého jedince rozdílně. Stále není provedeno dostatek studií pro přesné pochopení stimulace lidského organismu a mozku sladkou chutí způsobenou sladidly. Studie provedené doposud prokázaly, že umělá sladidla nestimulují mozek tak jako cukr. V případě konzumace plnohodnotných jídel ve stravě, kde je energie zastoupena jinými složkami potravy, nebyla prokázána větší konzumace potravin u zdravých osob (Khamise et al., 2020; O'donell a Kearsley, 2017).

5.3 Vliv sladidel na gastrointestinální trakt

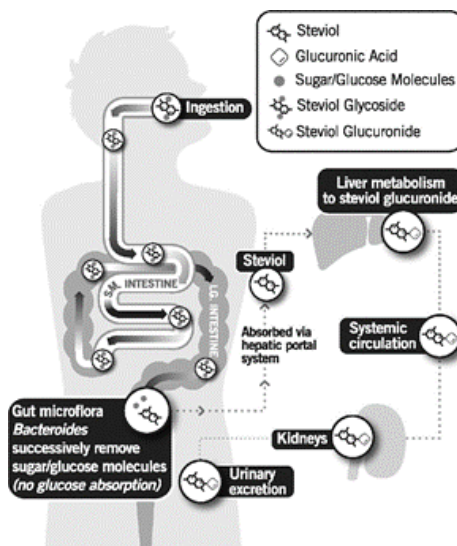
Gastrointestinální trakt člověka je osídlen mnoha různými druhy symbiotických mikroorganismů. Většina těchto bakterií kolonizuje tlusté střevo a jejich počet se odhaduje na poměr 1:1 v poměru k počtu lidských buněk. Bakterie fungují ve vzájemném prospěšném vztahu s hostitelem a pomáhají plnit řadu fyziologických a biochemických funkcí. Podílí se na složitých metabolických procesech a na vývoji a regulaci imunitního systému. Z toho je jasně patrné, že střevní mikroflóra úzce souvisí se zdravím hostitele. Změny ve složení a následně i funkci střevní mikroflóry je spojováno s metabolickými poruchami, záněty až neurologickým onemocněním. Mimo různé další faktory se na složení a funkci lidského mikrobiomu významně podílí strava. Umělá sladidla jsou v posledních letech zpochybňována z důvodu možnosti snižování rozmanitosti střevního mikroflóry a zhoršení metabolismu glukózy, což by vedlo k intoleranci glukózy (Cao et al., 2020).

Daná problematika stále není zcela objasněna. Každé sladidlo se vstřebává a metabolizuje se jiným způsobem a je potřeba jej podle toho posuzovat (Magnuson et al., 2016). Reakce na některé látky potravy nebývají vždy zcela zřetelné na první pohled. U některých osob se může objevit nesnášenlivost na sladidla v podobě mírně vodnaté stolice. V opačném případě může být populaci podána nejvyšší dávka sladila, při které nebude pozorována žádná reakce. Intenzita reakce se dá sledovat pomocí podávání dělených dávek (O'donell a Kearsley, 2017).

Sladidla se z pohledu metabolismu rozdělují do 2 skupin. Do 1. skupiny patří sacharin, acesulfam K a sukralosa. Tyto sladidla nepodléhají prakticky žádnému metabolismu. Do 2. skupiny patří aspartam a steviol glykosidy. Zde se jedná o sladidla, která jsou ve střevě metabolizována a až poté dochází k jejich vstřebání (Magnuson et al., 2016). V této práci se píše o metabolismu různých sladidel bez řazení do skupin a pro lepší přehlednost je uvedena tabulka 6, ve které je výčet zjištěného působení sladidel.

Tabulka 5 Přehled působení sladidel (Cao et al., 2020; Čopíková et al., 2013; Bueno-Hernández et al., 2019; Plaza-Diaz et al., 2020; Ruiz-Ojeda et al., 2019)

sladidlo	metabolizace	přechod do tlustého střeva	vliv na lidský mikrobiom
Stevia rebaudiana	ano	ano	ano
Lékořice lysá	ano	ano	-
Xylitol	ano	ano	ano
Erythritol	ano	ano	ano
Acesulfam K	ne	ne	ne
Aspartam	ano	ne	ne
Cyklamát	ano	ano	ne
Isomalt	ano	ano	ano
Sukralóza	ne	ano	ne
Neotam	ano	ano	ne
Advantam	ano	ano	ne



Obrázek 17 Metabolismus steviol-glykosidu v lidském trávicím traktu (Samuel et al., 2018).

Na obrázku 17 je zjednodušeně znázorněna cesta steviol-glykosidu lidským traktem. Steviol-glykosidy nejsou hydrolyzovány ani enzymy ani kyselinami. Do tlustého střeva se molekuly dostávají v neporušené formě, kde pomocí bakterií (Plaza-Diaz et al., 2020) střevní

mikroflóry rodu *Bacteroides* dochází k hydrolyze steviol-glykosidů na steviol. Steviol je buď ihned spotřebován jako energie pro mikroorganismy, nebo je transportován do jater, kde dochází ke konjugaci s kyselinou glukuronovou za vzniku steviol-glukuronidu a ten je následně vyloučen močí. To i potvrzuje fakt, že stévie má nulovou energetickou hodnotu a nemá vliv na hladinu inzulínu v krvi a nijak se nepodílí na možném výkyvu glykemického indexu (Samuel et al., 2018).

V případě konzumace kořene rostliny jsou kromě steviosidů obsaženy i inulin a fruktany. Fruktany podléhají fermentaci a stávají se tak substrátem pro střevní mikrobiom. Zlepšují růst bifidobakterií a laktobacilů, které jsou důležité pro funkci střev. V případě konzumace extrahovaných steviosidů už po 24hodinovém vystavení došlo k mírné změně lidského mikrobiomu, kdy steviosidy slabě inhibovaly růst anaerobních bakterií (Ruiz-Ojeda et al., 2019).

Glycyrrhizin je ve střevě také přeměňován pomocí bakterií rodu *Bacteroides*, ale také pomocí bakterií rodu *Eubacterium* spp. Sladký glycyrrhizin z lékořice lysé přeměňují na kyselinu glycyrrhetinovou a na další vedlejší produkty jako je 18 β -glycyrrhetin 3-O-monoglukuronoid, u kterých pomáhají bakterie rodu *Streptococcus*. Produkty jejich metabolismu jsou látkami se silnou cytotoxickou aktivitou. Fungují proti nádorovým buňkám a inhibují účinek rotavirových infekcí (Ruiz-Ojeda et al., 2019).

Polyoly mají společné působení na gastrointestinální trakt. Projevy jsou projímavé, laxativní a plynatost při konzumaci v nadměrném množství (Plaza-Diaz et al., 2020; Ruiz-Ojeda et al., 2019). I přesto ve většině případů nemají vliv na složení střevního mikrobiomu. Některé změny střevního mikrobiomu u nekalorických sladidel byly prokázány, ale není dostatek studií na to, aby se zjistilo, zda tyto změny budou mít na člověka nějaký dopad (Bueno-Hernández et al., 2019). Mezi tyto prokázané vlivy patří možnost využití polyolů jakožto probiotik u lidí, kteří netrpí střevními problémy. Při mírném dávkování bylo zjištěno, že dochází ke zvýšení počtu bifidobakterií (Plaza-Diaz et al., 2020).

Xylitol, patřící mezi polyoly, je přímo metabolizován v játrech. Určitá část xylitolu se nevstřebává z lumen tenkého střeva a je fermentována střevní mikroflórou. Produktem fermentace je plyn vodíku, metanu a oxidu uhličitého, dále acetát, propionát a butyrát. Z důvodu fermentace ve střevech může způsobovat osmotický průjem při konzumaci v nadprůměrném množství (Plaza-Diaz et al., 2020). U myši došlo ke změně střevního mikrobiomu tím, že došlo ke snížení množství fekálních *Bacteroidetes* a *Barnesiella* a

zároveň ke zvýšení *Firmicutes* a *Prevotella* a celkově došlo ke změně zastoupení bakterií z gramnegativních na grampozitivní (Ruiz-Ojeda et al., 2019).

Erythritol ve střevě není metabolizován a je vstřebáván a následně rozptýlen do tkání. Více než z 90 % se vylučuje močí v původní podobě. Zbýlých 10 % je fermentováno v tlustém střevě, což občas vede k produkci plynu. Z důvodu fermentace pouze malé části má lehce pozitivní vliv na střevní mikrobiom, ale může také způsobovat nevolnosti, průjem a plynatost (Bueno-Hernández et al., 2019; Plaza-Diaz et al., 2020; Ruiz-Ojeda et al., 2019).

Acesulfam draselný se v tenkém střevě skoro úplně vstřebává pomocí mikroklků (Bueno-Hernández et al., 2019) a krví je rozváděn do tkání v těle. Bez toho, aby se metabolizoval se už v prvních 24 hodinách vyloučí močí, a to až z 99 % a ani ne 1 % acesulfamu se vyloučí stolicí. Vzhledem k tomu, že se acesulfam draselný téměř nedostává do tlustého střeva nemá vliv na jeho mikrobiom, což bylo potvrzeno na studiích u lidí (Plaza-Diaz et al., 2020). Kromě lidí u podávání acesulfamu K ani krysy ani psi nevykazovali nežádoucí účinky (Magnuson et al., 2016). Při studiích na myších a potkanech se prokázalo, že u březích samic myší má, v koncentraci blízké se horní hranici pro lidskou spotřebu, vliv na metabolické změny (Plaza-Diaz et al., 2020). Jeho koncentrace byla naměřena v placentě samic myší po 5 hodinách po podání acesulfamu draselného. Podaná dávka byla ve velkém množství 400 mg/kg. Placenta působící jako bariéra plodu neumožnila vstřebávání acesulfamu draselného u mláďete. V případě mléka matky se sladidlo může vylučovat i do něj. Při studii bylo naměřena hodnota vyloučeného acesulfamu v mléce 1,6 % z celkové podané dávky matce (Magnuson et al., 2016). Následným kojením by mohl být ovlivněn mikrobiom mláďat. V dalších studiích na potkanech se ukázaly rozdílné účinky acesulfamu podle pohlaví. U samců došlo ke zvýšení bakterií rodu *Bacteroides*, *Aanaerostipes* a *Sutterella* a u samic došlo ke snížení bakterií rodu *Lactobacillus* a *Clostridium*. Jiné studie naopak měly výsledky opačné, kde nedocházelo ke změnám mikrobiomu. Možným důvodem je, že změny skladby mikroorganismů tlustého střeva byly zaznamenány při dávkování více než dvojnásobného množství acesulfamu (Ruiz-Ojeda et al., 2019).

Aspartam po požití podléhá enzymatické hydrolýze peptidázami a esterázami v lumen trávicího traktu (Bueno-Hernández et al., 2019; Plaza-Diaz et al., 2020). Rychlým vstřebáním se nedostane do tlustého střeva (Ruiz-Ojeda et al., 2019), a tak nemůže ovlivňovat jeho mikrobiom. Vzniklé produkty enzymatické hydrolýzy jsou 2 aminokyseliny aspartát a fenylalanin a k tomu metanol. Všechny tři jsou vstřebávány z tenkého střeva stejně tak, jako kdyby byly součástí masa, mléka, zeleniny nebo ovoce (Bueno-Hernández et al.,

2019; Čopíková et al., 2013; Plaza-Diaz et al., 2020). Z důvodu vzniku fenylyalaninu není toto sladidlo vhodné pro osoby trpící metabolickým onemocněním fenylyketonurií. Dalším produktem vytvořením z aspartamu je cykloaspartylfenylyalanin diketopiperazin, který se tvoří v případě dlouhého skladování sladidla nebo při teplotních změnách. Tato látka je z těla vylučována (Čopíková et al., 2013).

Cyklamát je ve většině případů ze zažívacího traktu člověka vylučován v nezměněné podobě. Avšak někteří jedinci ho dokáží metabolizovat mikrobiotou na cyklohexylamin, cyklohexanol a cyklohexanon. I přesto, že je cyklohexylamin toxicitější než cyklamát, nebyly pozorovány negativní projevy (Bueno-Hernández et al., 2019; Čopíková et al., 2013). Cyklamát byl studován zejména na zvířatech. Roku 1972 bylo poprvé zjištěno, že cyklamát je u potkanů přeměňován střevní mikroflórou na cyklohexamin. Následně se začalo studovat, jaké účinky má cyklamát na střevní mikrobiotu u opic. Ve srovnání s opicemi, které nedostávaly potravu s obsahem cyklamátu, se celkový počet bakterií ve stolici významně nelišil. Hladiny mikrobiálních populací i včetně bifidobakterií, klostridií, enterobakterií, veillonel a bakteroidů vyšly velmi podobně (Cao et al., 2020). Kromě opic se cyklamát testoval in vitro se střevním mikrobiomem potkanů v anaerobním kultivačním systému. Bylo zjištěno, že fekální mikroflóra u potkanů podporuje metabolismus cyklamátu na cyklohexylamin, přičemž produkce cyklohexylaminu dosáhla maximální hodnoty v 8. týdnu podávání cyklamátu. Přestože podíl nejvýrazněji zastoupených bakterií zůstal nezměněn, celkový počet všech bakterií se snížil. Bylo zjištěno, že cyklamát snižuje fermentaci glukózy střevní mikroflórou u potkanů, a také zvyšuje aktivitu sulfatázy u střevních bakterií (Cao et al., 2020). Dále bylo prokázáno, že cyklamát spolu se sukralosou ovlivňuje poměr kyseliny máselné a propionové v trávicím traktu. Kyselina máselná má antiobezitní účinky, snižuje inzulinovou rezistenci a zlepšuje dyslipidémii (Plaza-Diaz et al., 2020). Tento vliv cyklamátu nebyl prokázán u mikrobiomu lidí, avšak jeho vliv na tvorbu kyselin se dá považovat za určité změny ve funkci trávení a následné reakce na některé složky potravin (Ruiz-Ojeda et al., 2019).

Při metabolických procesech isomaltu nedochází ke změnám struktury. Jeho vstřebávání je maximálně 10 % z přijaté dávky (O'donnell a Koarsley, 2017). Zbytek prochází tenkým střevem až do tlustého střeva, kde je fermentován a je schopen měnit bakteriální zastoupení. Pro své účinky se dá řadit mezi látky s prebiotickým účinkem. Může přispívat ke zdravému prostředí lumenální sliznice tlustého střeva s bifidogenními vlastnostmi a vysokou produkcí butyrátu. Zvyšuje počet bifidobakterií a snižuje bakteriální β -glukosidázu. Nevýhodou je

možná plynatost, nadýmání a průjem díky již zmíněné fermentaci v tlustém střevě (Bueno-Hernández et al., 201; Plaza-Diaz et al., 2020; Ruiz-Ojeda et al., 2019)

Sukralosa není stravitelná ani se nemetabolizuje. Z těla odchází v nezměněné podobě stolicí. Při studiích nebylo zjištěno, že by se sukralosa dechlorovala, hydrolyzovala nebo, že by docházelo ke katabolismu (Magnuson et al., 2017). Většina přijaté sukralosy se vyloučí stolicí. U jedné studie se ukázalo, že v případě konzumace sukralosy u potkanů po dobu 12 týdnů došlo ke snížení bakterií rodů bifidobakterií, laktobacilů, bakteroidů a clostidií (Cao et al., 2020; Ruiz-Ojeda et al., 2019). V rámci jiné studie na myších léčených sukralosou bylo zjištěno, že počet fekálních clostridií se významně snížil spolu se zvýšením poměru sekundárních a primárních žlučových kyselin a snížením lumenální hladiny butyrátu, což souvisí s kolitidou a aberantní střevní imunitou (Cao et al., 2020). Jiný vliv měla sukralosa na střevní mikroflóru myších samců po šestiměsíční expozici sukralosou. Významně se změnilo 14 bakteriálních rodů. Po třech měsících se zvýšila početnost *Ruminococcus* a počet *Bacillales*, *Peptostreptococcaceae*, *Ruminococcus*, *Staphylococcus* a *Anaerostipes* se snížila. V šesti měsících se zvýšila relativní četnost *Christensenellaceae*, *Clostridiaceae*, *Akkermansia*, *Roseburia* a *Turicibacter* a naopak se snížila u *Erysipelotrichaceae*, *Dehalobacterium*, *Streptococcus* a *Rumivococcus* (Cao et al., 2020).

Neotam se v těle nehromadí. Je vylučován močí a stolicí po degradaci na metanol a N-(3,3-dimethyl)butyl-L- α -aspartyl-L-fenylalanin (Cao et al., 2020; Čopíková et al., 2013).

Množství metanolu při jeho hydrolyze ve střevech je nižší než z jiných potravin a vzhledem i k jeho malé dávce není pravděpodobnost jeho negativního vlivu člověka (Ruiz-Ojeda et al., 2019). Vliv neotamu byl zkoumán na střevní mikroflóře myší. U samců byl pozorován nárůst mikroorganismů rodu *Bacteroidetes* a pokles *Firmicutes*. Další poklesy nastaly u druhů z čeledí *Ruminococcaceae* a *Lachnospiraceae*, jako jsou *Ruminococcus*, *Oscillospira*, *Dorea* a *Blautia* (Cao et al., 2020).

Advantam je v těle absorbován v množství 4-23 % ze zkonzumované dávky. Dochází k hydrolyze jeho esterové vazby. Zbytek advantamu je vylučován stolicí (Čopíková et al., 2013).

Důležitou součástí vlivu sladidel na lidský mikrobiom je jejich hodnota ADI a její dodržování. ADI je považována za bezpečnou pro všechna povolená sladidla. I v případě vystavení se vyšší dávce. Hodnota ADI je zjištěna pomocí testování na zvířatech. Nejprve se zjistí takové množství, které nemá vliv a žádný účinek na konzumenta při denní

konzumaci po většinu života zvířete a tato hodnota se ještě vydělí hodnotou sto. Tyto údaje jsou potřebné při zkoumání rizik a přínosů umělých sladidel. Obavy z nepříznivých účinků sladidel nebo možného vzniku chronických onemocnění v návaznosti na jejich konzumaci, jsou dle řady studií považovány za neopodstatněné. Jestliže není překročen denní ADI u sladidel, tak jsou dobře snášena (Magnuson et al., 2016; O'donnell a Kearsley, 2017; Plaza-Diaz et al., 2020).

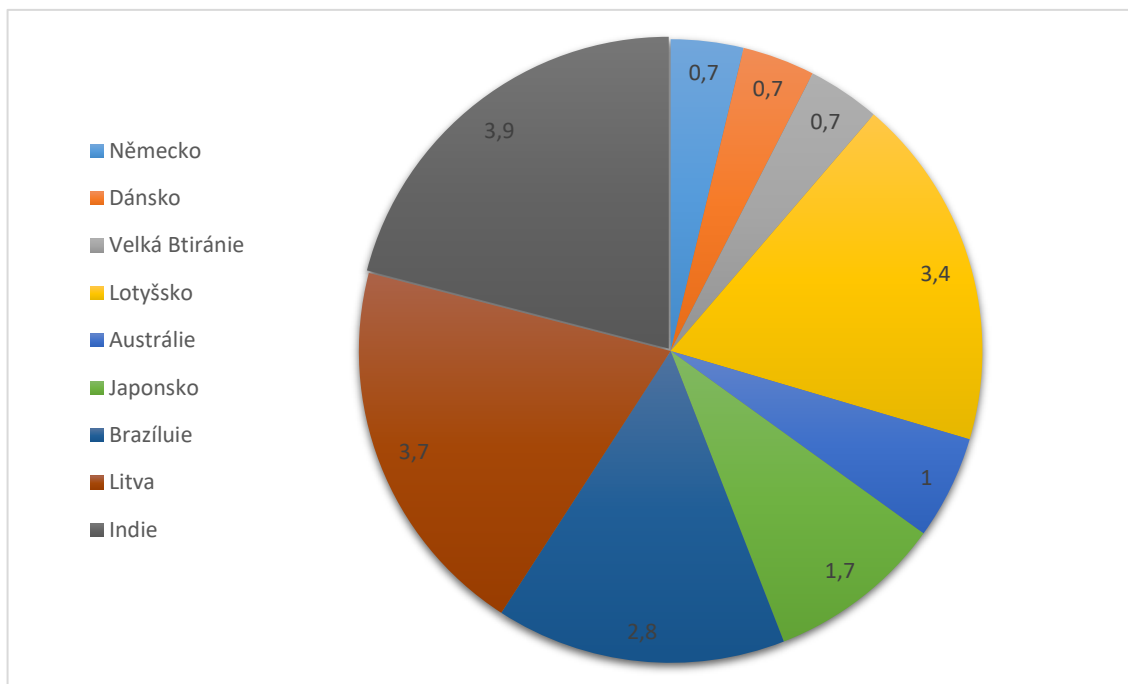
5.3.1 Sladidla jako prebiotika

Mikrobiom lze pozitivně ovlivňovat dvěma způsoby. Živými organismy, které jsou obvykle přijímány s fermentovanými potravinami, tyto potraviny jsou často na bázi mléka. V tomto případě se jedná o probiotika, jsou to živé organismy. Nejčastěji se jedná o *Lactobacillus* a *Bifidobacterium*. Další možností ovlivnění střevního mikrobiomu jsou prebiotika. Prebiotikum se skládá z nestravitelných sacharidů jako je vláknina, inulin, fruktooligosacharidy, polydextróza, maltodextrin, laktitol, laktulóza (Tiefenbacher, 2017). Prebiotika selektivně stimulují růst nebo aktivitu jednoho nebo omezeného počtu mikrobiálních rodů nebo druhů v mikrobiomu tlustého střeva. Přináší hostiteli zdravotní výhody. Prebiotika jsou oligosacharidy, které jsou fermentovány v tlustém střevě na mastné kyseliny s krátkým řetězcem a plyn a své zdravotní účinky uplatňují prostřednictvím střevní mikroflóry. A také vláknina, která nemusí být fermentovaná vůbec, nebo je fermentovaná v širším okruhu a může být zdraví prospěšná jinak, např. zlepšovat funkčnost střev, zvyšovat fermentaci látek, snižovat hladinu glukózy a cholesterolu v krvi modulovat imunitní systém, selektivně stimulovat růst nebo aktivitu bakterií v mikrobiotě a pozitivně působí na mikrobiotu snížením pH a snížením rizika gastrointestinálních onemocnění. Prebiotika celkově stimulují laktobacily a bifidobakterie. Ze sladidel nejvíce ovlivňuje střevní mikrobiom *Stevia rebaudiana* a celkově přírodní sladidla (O'donnell a Kearsley, 2017; Plaza-Diaz et al., 2020).

5.4 Vliv sladidel na dutinu ústní

Vliv sladidel na zdravotní stav dutiny ústní spočívá především v ovlivnění výskytu zubních erozí a zubního kazu. Špatný stav zubů může způsobovat silnou bolest, zvyšovat riziko dalších onemocnění, ovlivňovat výběr stravy a snižovat kvalitu života (O'donnell a Kearsley, 2017).

Kazy zubů jsou stále na prvních místech mezi celoplošnými onemocněními a je možné se s ním setkat už u raného dětství. Na vznik zubního kazu mají velký vliv kyseliny vytvořené kariogenními organismy jako je *Streptococcus mutans* a *Streptococcus sobrinus* (Hamada, 2002; Kaplová, 2014). Metabolizace většiny sacharidů obsažených ve stravě bakteriemi vede ke snížení hodnoty pH v ústní dutině a povrch skloviny zubu se začne demineralizovat (Tiefenbacher, 2017). Mezi další mikroorganismy osídlující ústní dutinu patří jiné druhy streptokoků, laktobacily a jiné, které se přímo nepodílejí na vzniku zubního kazu, ale napomáhají ke snižování pH svou acidogenitou. Ke vzniku zubního kazu, také napomáhá tvorba zubního plaku, který jsou schopny tvořit právě ústní bakterie především streptokoky. Přirozená obrana proti zubnímu kazu je sekrece slin, která napomáhá remineralizaci zubní skloviny a také dokáže snižovat hodnotu pH v ústech a v zubním povlaku. Prevalence onemocnění v populaci vzrůstá současně se zvyšováním dostupnosti cukru a jeho zastoupením v jídelníčku. V průběhu let se prováděly různé studie, které potvrzovaly nárůst výskytu zubních kazů v případě přidávání sladkostí a slazených nápojů do stravy v průběhu dne, kdežto při dietách naopak kariogenita klesala (Hamada, 2002; Kaplová, 2014). Výskyt zubního kazu lze kvantifikovat pomocí indexu, kterým je zaznamenáván počet zkažených, počet chybějících a počet zaplombovaných mléčných (dmft), anebo stálých zubů (DMFT). Na obrázku 18 je zobrazena průměrná hodnota DMFT u dětí ve věku 12 let v období mezi lety 1999 až 2008 v evropských zemích. Státy jsou seřazeny ve vzestupném pořadí, kdy na prvním místě je Německo s nejmenším indexem 0,7 a na posledním je Indie s indexem 3,9 (O'donnell a Kearsley, 2017).



Obrázek 18 Průměrná DMFT u dětí ve věku 12 let (O'donell a Kearsley, 2017)

Pro snížení možnosti vzniku zubního kazu se používají nekariogenní sladidla. Důležité u těchto sladidel je, aby nebyly metabolizovány ústními mikroorganismy. Takové látky mohou nahradit cukry v nápojích, sirupech, cukrovinkách a tím také přispět ke snížení velkého množství konzumace cukru ročně. Dále ke snížení prevalence zubního kazu napomáhají zubní pasty, ústní vody a žvýkačky s obsahem vhodných sladidel. Stejná strategie je volena v lékařství, kdy se léky a léčebné sirupy povětšinou také vyrábí se sladidly místo cukru. Preventivní potenciál sladidel byl prokázán v menších studiích (O'donell a Kearsley, 2017; Tiefenbacher, 2017).

Mezi nekariogenní sladidla patří thaumatin, který s přídavkem škrobu podporuje remineralizaci zubní skloviny u začínajícího zubního kazu u potkanů. Ve jiné studii bylo zjištěno, že *Streptococcus mutans* neprodukuje z thaumatinu kyselinu (O'donell a Kearsley, 2017).

Polyoly jsou nekariogenní a používají se ve žvýkačkách a ústních vodách. Ve studii *in vitro*, *in vivo* a *in situ* prováděné na zvířatech bylo zjištěno, že xylitol nepodporuje růst *Streptococcus mutans* a laktobacilů ve slinách a zubním plaku. Zároveň podporuje snížení přilnavosti mikroorganismů k povrchu zubu a snižuje tak tvorbu zubního plaku (Hamada, 2002; O'donell a Kearsley, 2017; Plaza-Diaz et al., 2020). V kombinaci s chlorhexidinem

v ústní vodě má xylitol účinek na *Streptococcus stranguis*. Některé kmeny streptokoků dokáží xylitol přeměňovat na xylitol-5-fosfát, který inhibuje glykolytické enzymy během buněčného růstu, takže působí bakteriostaticky (O'donell a Kearsley, 2017).

Acesulfam K je nekariogenní sladidlo, které se používá do zubních past a ústních vod. Ve studii na potkanech bylo zjištěno, že neovlivňuje vznik zubního kazu, ale v případě jeho kombinace se sacharinem nebo cyklamátem ano (O'donell a Kearsley, 2017).

Aspartam inhibuje některé mikroorganismy zubního plaku. Není fermentovatelný a nezpůsobuje zubní kaz. Ve studii provedené na potkanech, kdy dostávali pětkrát denně 0,5% aspartam o pH 3,0, nebyla prokázána žádná podpora vzniku zubního kazu. Další studie byla provedena na potkanech inokulovaných *Streptococcus mutans*. U potkanů s přidavkem aspartamu v jejich denní krmné dávce se zubní kaz nevyskytl. Pro potvrzení antikariogenního účinku aspartamu je potřeba dalších klinických studií (O'donell a Kearsley, 2017).

Cyklamát také snižuje pH zubního plaku a patří mezi nekariogenní sladidla (Hellwig et al., 2003).

Isomalt není fermentován ani není používán jako zdroj uhlíku pro kariogenní streptokoky. Pouze velmi málo kmenů streptokoků a aktinomycet se projevovalo v přítomnosti isomaltu změnou pH. Isomalt je považován za nekariogenní, nepoškozuje zuby (Klescht et al., 2006; O'donell a Kearsley, 2017). Byla provedena studie účinků isomaltu na demineralizaci a remineralizaci zubní skloviny u skotu. Bylo zjištěno, že isomalt měl dokonce pozitivní vliv na rovnováhu mezi demineralizací a remineralizací zubní skloviny (O'donell a Kearsley, 2017).

Sukralosa je vhodná pro snížení růstu bakterií v ústní dutině, navíc může podporovat rekalifikaci zubní skloviny. Pokusy na zvířatech prokázaly nekariogenitu sukralosy. Potkani byli vystaveni sacharidové dietě a následně jim byla podávána sacharóza, sukralosa, xylitol a destilovaná voda. Sacharóza podpořila tvorbu zubního kazu a její odstranění vedlo k remineralizaci zubní skloviny a ke snížení výskytu zubního kazu. Sukralosa v horké neslazené kávě potlačovala její kyselost, a tím došlo ke snížení pH v ústní dutině po její konzumaci (Hamada, 2002; O'donell a Kearsley, 2017).

6 POUŽITÍ SLADIDEL PŘI VÝROBĚ POTRAVIN

Důvodů, proč se do potravin přidává sacharóza je celá řada. Nejvýznamnější z nich je její sladká chuť, která je podstatná pro změnu chuti produktu. Další důvody už spočívají ve fyzikálně-chemických vlastnostech sacharózy. Například barevnost výsledných produktů může vznikat reakcí sacharózy na teplo karamelizací a Mailardovými reakcemi. Dalšími vlastnostmi je bod tuhnutí, funkce objemového činidla, konzervant a tvorba gelu v džemech. Nahrazení cukru ve výrobcích může mít dopad na kvalitu, vzhled, vůni, texturu a celkové přijetí spotřebitelem. To jsou hlediska, které výrobci potravin musí zohlednit. Proto je postup nahrazování obsahu cukru ve výrobcích za sladidla zdoluhavý a je potřeba volit správné suroviny, jejich vhodnou kombinaci a správné množství potřebné pro dosažení požadovaného efektu (Ojo-Kayode et al., 2022).

Z hlediska využití sladidel při výrobě potravin je nutné provést reformulaci původních receptur. Reformulace potravin je pojem, který znamená změnu původní receptury potraviny nahrazením, přidáním nebo odstraněním některých složek pro dosažení celkového zlepšení jejich výživového profilu (Luo et al., 2019).

Sladidla mají také své charakteristické chuťové i fyzikální vlastnosti a pro nejlepší výsledek je někdy potřeba použít více sladidel najednou. Snahou výrobců je nakombinovat chuť sladidel tak, aby se v konečném výrobku přiblížila co nejvíce sacharóze. Sacharóza má určitou rychlost nástupu sladkosti a svůj maximální dojem. Člověk je na její chuť zvyklý a rozpozná každou odchylku od standardu. K vytvoření vhodné chuti je také důležitý výskyt vedlejších chutí, které mohou negativně ovlivnit celkovou chuť výrobku. Může to být stahující, kovová, hořká nebo pálivá chuť. Například u sacharinu je vedlejší chuť hořká. Dalším faktorem může být velikost krystalků sladidla. Při větší velikosti částic krystalků se sladidlo déle rozpouští v ústech a síla sladké chuti přichází pozvolna. Naopak u malých částic krystalků dojde k rychlejšímu nástupu sladké chuti a o to je sladká chuť intenzivnější. Pro lehké snížení intenzivní sladké chuti se mohou používat různé složky v určitém poměru jako je sůl nebo ovocné kyseliny (Tiefenbacher, 2017).

Další faktor, na který je třeba brát zřetel je reakce cukru se škroby v těstech. Cukr při přípravě těst se rozpustí a vykazuje anti plastifikační účinek. Je potřeba vyšších teplot pro denaturaci lepkových bílkovin a želatinaci škrobu. V případě těst se sladidla tato vlastnost chybí a výsledné pekařské produkty mají jinou viskozitu těsta (Tiefenbacher, 2017).

6.1 Využití jako stolní sladidlo

Forma stolního sladidla je dnes již běžná. Prodává se jako větší balení sypkých nebo tekutých sladidel. Vyrábí se také ve formě tablet například na slazení nápojů, které jsou často využívány diabetiky. Nejčastěji se jedná o stéviu, erythritol a aspartam (Čopíková et al., 2013; Plaza-Diaz et al., 2020).

6.2 Využití sladidel u pekařských výrobků

Při výrobě pečiva a cukrářských výrobků není možné úplně odstranit veškerou sacharózu z výrobků beze změny jejich kvality. Cukr je důležitou složkou, která se podílí na textuře, struktuře a objemu těsta. Ovlivňuje funkci vody v těstě (Ojo-Kayode et al., 2022). Sacharóza je hygroskopická, odebírá možnou vázanou vodu lepkou a tím zpomalí tvorbu pevné lepkové sítě. Pečivo ve své struktuře zůstane jemné. Dále dokáže sacharóza zpomalovat želatinaci škrobu. Výrobek je pak více porézní a nabyde na objemu. Její zastoupení v těstě zvyšuje dobu trvanlivosti pečiva tím, že potlačuje vodní aktivitu (Luo et al., 2019).

Další důležitou součástí při výrobě pečiva je barva a vůně výrobku, která souvisí s Mailardovými reakcemi a karamelizací. Výsledkem je hnědá barva kůrky a pro pečivo typické aroma (Luo et al., 2019).

U slazeného pečiva je možnost snižování obsahu sacharózy na maximálně 10 %. Ve větším snížení už dochází ke změnám na textuře a organoleptickým změnám. Byly provedeny studie na snížení obsahu cukru u bábovky a muffinů. Stévií lze nahradit až 50 % cukru v muffinech bez kvalitativních změn, ale pro zlepšení organoleptických vlastností je vhodné přidat do produktu příchuť například kakaovou nebo vanilkovou. V obou případech bylo snížení úspěšné. Isomalt neměl na těsto vliv, zatímco erythritol měnil jeho reologické vlastnosti (Luo et al., 2019; Rajchl, 2019)

U chlebu je možnost zachovat přibližně 9,8 % sacharózy pro zachování jeho kvality. Extrakt z bobulí *Dioscoreophyllum cumminsii* se může uplatnit jako vhodné sladidlo ke zlepšení nutričních a sensorických vlastností u chlebu a současně má vliv na snížení růstu mikroorganismů (Luo et al., 2019; Ojo Kayode et al., 2019).

V případě výroby sušenek je využíván nízký obsah vody. Cukru v těchto produktech krystalizuje a vytváří tak křupavý efekt. Tato krystalizace navíc dodává vzhled popraskaného povrchu sušenek. Snížením obsahu cukru se zvyšuje křehkost produktů u trvanlivého pečiva. Jako vhodné sladidlo u sušenek se prokázala stévie, kterou lze nahradit

cukr až do 50 % bez velkých změn vlastností výrobku. Další možná využitelná sladidla jsou polyoly (Luo et al., 2019; Rajchl, 2019; Ojo-Kayode et al., 2022).

Použití stévie u pekařských výrobků způsobovalo nežádoucí snížení objemu. Pro doplnění ztraceného objemu je možné kombinovat sladidlo s vlákninou různého druhu, avšak v této kombinaci docházelo k vlhnutí střídy pečiva a tím i k horším organoleptickým vlastnostem. V pekařských výrobcích se mohou používat také polyoly, ale některé například xylitol způsobují vyšší viskozitu těsta a další vady jako je snížený objem, snížená výška produktu a světlá barva, protože polyoly nepodléhají Mailardovým reakcím. Výrobky s xylitolem brzy tvrdnou nebo naopak mají po určité době žvýkavou texturu. Erythritol má oproti xylitolu nižší rozpustnost, a tak je možné s ním nahradit cukr v produktu až do 50 %. Isomalt je vhodný pro výrobky bez obsahu kvasnic. Nezpůsobuje téměř žádné nepříznivé změny na kvalitě výrobku. Jako další sladidla u výroby pečiva mohou být použity acesulfam K a aspartam (Luo et al., 2019; Rajchl, 2019).

6.3 Využití sladidel u mléčných výrobků

Pro doslazování jogurtů je na trhu větší poptávka spíše po přírodních sladidlech. V některých případech použitím sladidel může docházet k ovlivnění procesu fermentace a tím i ke změně konečného produktu (Miele et al., 2017).

V případě sladidla *Dioscoreophyllum cumminsii* a aspartamu v malém množství nedochází ke změnám reologických vlastností a nedochází k negativnímu vlivu na proces fermentace jogurtů. Sukralosa zase dodává jogurtům skvělou chuť a v kombinaci se stévií je dosahováno nejlepších chuťových vlastností. Výhodné je používání stévie v jogurtech s probiotickou složkou, protože neovlivňuje růst probiotických kultur (Miele et al., 2017; Ojo-Kayode et al., 2022).

Stévie je také vhodná k doslazování mléka a mléčných produktů. Dobře nahrazuje cukr a nemá vliv na fyzikálně-chemické vlastnosti. U zahuštěných slazených mlék není možné snižování obsahu cukru z důvodu jeho schopnosti konzervace a zabránění růstu nežádoucích mikroorganismů (Rajchl, 2019; Ojo-Kayode et al., 2022).

6.4 Využití sladidel u nápojů

Použití sladidel při výrobě nápojů a džusů nezpůsobuje žádné výrazné změny organoleptických vlastností výrobků. Nahrazení cukru sladidlem ovlivňuje hustotu nápoje, která je při jejich použití nižší. V nápojích s nízkým pH nebo při výraznější tepelné úpravě

mohou sladidla ztratit chuť a barvu, a tím ovlivnit výsledný výrobek. Nové výzkumy na kompatibilitu sladidel s příchutěmi ukázaly, že výsledný efekt se může výrazně lišit od příchutě k příchuti. Nejpoužívanější sladidla pro výrobu nápojů jsou acesulfam K, po něm aspartam, neotam a sukralosa. Lze použít také xylitol a stévií. Na trhu je velká poptávka po nápojích z plodů s antioxidanty a s mnoha dalšími biologicky významnými látkami. Tuto poptávku může splňovat stévie (Čopíková et al., 2013; O'donnell a Koarsley, 2017; Rajchl, 2019; Ojo-Kayode et al., 2022).

6.5 Využití sladidel u dalších typů potravin

Při částečném nahrazení cukru sladidly u džemů a marmelád nedošlo k negativnímu ovlivnění jejich vlastností. Využití sladidel u této komodity je možnou alternativou výrobků vhodných pro diabetiky (Ojo-Kayode et al., 2022). U želé v případě snížení obsahu cukru dochází k nežádoucím změnám textury výrobku. Je potřeba dodat do složení alternativní složky jako jsou hydrokoloidy a regulátory kyselosti pro lepší želírovací schopnosti. Jako sladidlo se pro výrobky typu želé dá použít xylitol, který do určité koncentrace dokáže zlepšovat chuť výrobku (Čopíková, 1999; Ojo-Kayode et al., 2022).

Sladidla se také velmi často používají při výrobě žvýkaček. Mezi často používané patří například isomalt. U čokolád se mohou používat, acesulfam, aspartam a isomalt, který je výhodný z pohledu skladovatelnosti a jeho malým krystalkům. U dropsů, furé, kandytů je vhodný isomalt, který má vyšší bod varu (Čopíková, 1999; Rajchl, 2019; Luo et al., 2019; O'donnell a Koarsley, 2017).

ZÁVĚR

S rostoucím zájmem o zdravý životní styl a o snahu předcházet různým onemocněním jako je *diabetes mellitus* druhého typu, obezita, kardiovaskulární onemocnění, roste i využití sladidel. Zároveň se zájmem o sladidla vznikají i obavy z jejich konzumace, i přesto že některá sladidla jako je aspartam, cyklamát a acesulfam jsou na trhu už několik let.

Sladidla se získávají chemickou výrobou jako jsou umělá sladidla anebo se získávají z přírodních zdrojů a mezi ty patří přírodní sladidla. Přírodní sladidla jsou spotřebiteli více žádané z důvodu současného příjmu dalších biologicky aktivních látek při jejich konzumaci. Nicméně vzhledem k jejich vysoké sladivosti se do potravin přidávají v malém množství, a tak je tento zdroj jiných biologicky aktivních látek málo přínosný.

Sladidla jsou často používána pro diabetické účely. Diabetiků v ČR každým rokem přibývá a sladidla jsou užitečná pro ulehčení dodržování jejich specifických jídelníčků s omezeným množstvím sacharózy. Sladidla nemají vliv na hladinu glukózy v krvi, jejich glykemická hodnota je nulová nebo velice nízká, čímž také napomáhají k regulaci a udržování hladiny glukózy v krvi. Kontrola hladiny glukózy v krvi je prospěšná také u zdravých osob.

V současnosti nejrozšířenějším důvodem pro použití sladidel je regulace energetického příjmu, kdy nahrazením cukrů dojde k významnému snížení energetického příjmu. Podle většiny v současnosti dostupných studií sladidla nevyvolávají potřebu dojídat poníženou energii v případě jinak vyváženého jídelníčku. Přesto je tato problematika dále studována a diskutována.

Mezi další častá témata patří vliv sladidel na lidský mikrobiom. Každé sladidlo má jinou strukturu a jinak se v lidském těle chová. Většina sladidel nemá v konečném důsledku negativní vliv na střevní trakt. Většina se vyloučí močí a stolicí bez zjevných změn. Mezi ty, které tento vliv mají patří stévie, která je rozkládána bakteriemi v tlustém střevě a pak polyoly, které jsou také fermentovány střevními mikroorganismy.

Z pohledu působení sladidel na ústní dutinu jsou vhodná pro snižování onemocnění zubním kazem. Xylitol je hojně využíván v ústních vodách, zubních pastách a žvýkačkách pro jeho nekariogenní účinky.

Při výrobě potravin se sladidla dají využít jako náhrada cukru skoro ve všech produktech. Jejich použití je upraveno legislativou. Nejčastěji se jedná o nápoje, jogurty, fitness tyčinky a doplňky stravy. Nejvíce používaným sladidlem je aspartam z důvodu jeho cukru podobné

chuti. Náhrada cukru sladidly v nápojích a potravinách s sebou v některých případech nese nutnost úpravy surovinové skladby nebo podmínek výroby z důvodu rozdílných chemicko-fyzikálních vlastností.

V blízké budoucnosti je potřeba provést více odborných studií ohledně vlivu sladidel na trávicí trakt a zda mají sladidla vliv na neurologické úrovni. Podrobnější znalosti chování sladidel v těle mohou přinést vyvrácení či potvrzení jejich rizik při konzumaci v potravinách a nápojích. Další studie by mohly být také zaměřeny na způsoby ekologického získávání sladidel a jejich ekologickou likvidaci.

V budoucnu se očekává, že výroba potravin bude více reflektovat požadavky na snižování obsahu cukrů a tuků v potravinách pro snížení možných onemocnění spojených s konzumací vysokoenergetické stravy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ACHIGAN-DEKO Enoch G., TCHOKPONHOUE Dédéou A., N'DANIKOU Sognigbé, GEBAUER Jens, VODOUHE Raymond S., 2015. Current knowledge and breeding perspectives for the miracle plant *Synsepalum dulcificum* (Schum. et Thonn.) Daniell. *Genetic Resources and Crop Evolutin* [online]. 2015(62), 465-476 [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1007/s10722-015-0225-7>

BAS, Esra, 2016. A three-step methodology for GI classification, GL estimation of foods by fuzzy c-means classification and fuzzy pattern recognition, and an LP-based diet model for glycaemic control. *Food Research International* [online]. 2016(83), 1-13 [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.02.009>

BUENO-HERNÁNDEZ, N., VÁZQUEZ-FRÍAS R., ABREU Y. ABREU A. T., ALMEDA-VALDÉS P., BARAJAS-NAVA L. A., CARMONA-SÁENZ R. I., CHÉVAZ-SÁENZ J., CONSUELO-SÁNCHEZ A., ESPOINOSA-FLORES A. J., HERNÁNDEZ-ROSILES V., HERNÁNDEZ-VEZ G., ICAZA-CHÁVEZ M. E., NOBLE-LUGO A., ROMO-ROMO A., RUIZ-MARGAÍN A., VALDOVINOS-DÍAZ M. A., ZÁRATE-MONDRAGÓN F. E., 2019. Review of the scientific evidence and technical opinion on noncaloric sweetener consumption in gastrointestinal diseases. *Revisa de Gastroenterologia de Mexico* [online]. 2019(84), 492-510 [cit. 2023-03-22]. ISSN 03750906. Dostupné z: doi:[10.1016/j.rgm.2019.08.001](https://doi.org/10.1016/j.rgm.2019.08.001)

CAO Yu, Hongli Liu, Ningbo Qin, Xiaomeng Ren, Beiwei Zhu, Xiaodong Xia 2020. Impact of food additives on the composition and function of gut microbiota: A review. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2020(99), 295-310 [cit. 2023-03-22]. ISSN 09242244. Dostupné z: doi:[10.1016/j.tifs.2020.03.006](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.006)

CASTO-MAÑOZ Roberto, Correa-Delgado Mariela, Córdova-Almeida Rafael, Lara-Nava David, Chávez-Muñoz Mariana, Valeria Fernanda Velásquez-Chávez, Carlos Eduardo Hernández-Torres, Gontarek-Castro Emilia, Mohd Zamidi Ahmad, 2022. Natural sweeteners: Sources, extraction and current uses in foods and food industries. *Food Chemistry* [online]. 2022(370), 1-14 [cit. 2023-03-31]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:[10.1016/j.foodchem.2021.130991](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130991)

ČOPIKOVÁ J., MORAVCOVÁ J., WIMMER Z., OPLETAL L., LAPČÍK O., DRAŠAR P. 2013. Náhradní sladidla. *Chemické listy* [online]. 2013(107), 867-874 [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: <http://ww-w.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/732>

ČOPIKOVÁ, Jana, 1999. Náhrady sachrosy a tuků v čokoládových a nečokoládových cukrovinkách. *Chemické listy* [online]. 1999(93), 9-14 [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: http://chemicke-listy.cz/docs/full/1999_01_3-14.pdf

DE, Sirshendu, Sourav MONDAL a Suvrajit BANERJEE, 2013. *Stevioside: Technology, Applications and Health* [online]. 1. Wiley-Blackwell [cit. 2023-05-18]. ISBN 978-1-118-35071-3. Dostupné z: <https://www.wiley.com/en-ie/Stevioside%3A+Technology%2C+Applications+and+Health-p-9781118350713>

DU Liqing, Yixiao SHEN, Xiumei ZHANG, Witoon PRINYAWIWATKUL, Zhimin XU, 2014. Antioxidant-rich phytochemicals in miracle berry (*Synsepalum dulcificum*) and antioxidant activity of its extracts. *Food Chemistry* [online]. 2014(153) 279-284 [cit. 2023-02-14]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.072>

FIRSOV Aleksey, SHALOIKO Lyubov, KOZLOV Oleg, VAINSTEIN Alexander, DOLGOV Sergey, 2021. Tomatoes expressing thaumatin II retain their sweet taste after salting and pickling processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [online]. 2021(101), 5286-5289 [cit. 2023-02-18]. Dostupné z: doi:DOI 10.1002/jsfa.11168

FOSTER-POWELL Kaye, Susanna H. A. HOLT a Janette C. BRAND-MILLER, 2002. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 2002(76), 5-56 [cit. 2023-03-29]. ISSN 0002-9165. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1093/ajcn/76.1.5>.

GERWIG J. Gerrit, Evelien M. te POELE, Lubbert DIJKHUIZEN, Johannis P. KAMERLING, 2016. Chapter One – Stevia Glycosides: Chemical and Enzymatic Modifications of Their Carbohydrate Moieties to Improve the Sweet-Tasting Quality. *Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry* [online]. 2016(73) 1-72 [cit. 2023-03-16]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065231816300014>

HAMADA Shigeyuki, 2002. Role of sweeteners in the etiology and prevention of dental caries. *Pure and Applied Chemistry* [online]. 2002(74), 1293-1300 [cit. 2023-05-12]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1351/pac200274071293>

HEALEY R. D., LEBHAR H., HORNING S., THORDARSON P., Ch. P. MARQUIS, 2017. An improved process for the production of highly purified recombinant thaumatin tagged-variants. *Food Chemistry* [online]. 2017(237), 825-832 [cit. 2023-02-18]. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.018](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.018)

HE Li, RULI Li, WEI Jiang, LIMING Zhou, 2022. Research progress of pharmacological effects of *Siraitia grosvenorii* extract. *Journal of Pharmacy and Pharmacology* [online]. 2022(74), 953-960 [cit. 2023-03-30]. ISSN 00223573. Dostupné z: [doi:10.1093/jpp/rgab150](https://doi.org/10.1093/jpp/rgab150)

HELLWIG Elmar, Joachim KLIMEK, Thomas ATTIN, 2003. *Záchovná stomatologie a parodontologie*. Praha: Grada Publishing. ISBN 80-247-0311-4.

CHOWDHURY A. I., ALAM M. R., RAIHAN M. M., RAHMAN T., ISLAM S., HALIMA O., 2022. Effect of stevia leaves (*Stevia rebaudiana* Bertoni) on diabetes: A systematic review and meta-analysis of preclinical studies. *Food Science & Nutrition* [online]. 2022(10), 2868-2878 [cit. 2023-02-19]. Dostupné z: [doi:10.1002/fsn3.2904](https://doi.org/10.1002/fsn3.2904)

IBITOYE O. B., GHALI U. M., ADEKUNLE J. B., UWAZIE J. N., AJIBOYE T. O., 2017. Antidyslipidemic, Anti-Inflammatory, and Antioxidant Activities of Aqueous Leaf Extract of *Dioscoreophyllum cumminsii* (Stapf) Diels in High-Fat Diet-Fed Rats. *Evidence-based complementary and alternative medicine* [online]. 2017 [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: [doi:10.1155/2017/8128125](https://doi.org/10.1155/2017/8128125)

KAPLOVÁ, E., 2014. Kaz raného dětství a jeho následky na stálém chrupu. *Praktické Zubní Lékařství* [online]. 62(1), 3-8 [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: <https://cspzl.dent.cz/pdfs/sto/2014/01/05.pdf>

KAREN, Igor et al., 2014. *Diabetes mellitus v primární péči: 2. rozšířené vydání*. 2. Praha: Axonite. ISBN 9788090489981.

KHAMISE N. A., TAYEL D. I., HELMY M. W., ABORHYEM S. M., 2020. Effect of Aspartame and Sucralose Artificial Sweeteners on Weight and Lipid Profile of Male Albino Rats. *Journal of High Institute of Public Health* [online]. 2020(50), 87-100 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: https://jhiphalexu.journals.ekb.eg/article_108281_30d325b2d2aa78648de655d4fa12d6ed.pdf

- KILCAST David, ANGUS Fiona, 2007. *Reducing Salt in Foods: Practical Strategies* [online]. United Kingdom: Woodhead Publishing [cit. 2023-02-18]. ISBN 978-1-84569-304-6. Dostupné z: https://app-knovel-com.proxy.k.utb.cz/web/view/khtml/show.v/rcid:kpRSFPS001/cid:kt004SIAR4/viewerType:khtml//root_slug:reducing-salt-in-foods/url_slug:bitterness-inhibitors?b-q=katamfe&include_synonyms=no&sort_on=default&view=collapsed&zoom=1&page=1&q=katamfe
- KIM Yoona, Jennifer B. KEOGH, Peter M. CLIFTON, 2019. Non-nutritive Sweeteners and Glycaemic Control. *Current Atherosclerosis Reports* [online]. 2019, 21(12) [cit. 2021-5-31]. ISSN 1523-3804. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31741078/>
- KLESCHT Vladimír, Iva HRNČIŘÍKOVÁ, Lucie MANDELOVÁ, 2006. *Éčka v potravinách*. Brno: Computer Press. Zdraví pro každého (Computer Press). ISBN 80-251-1292-6.
- KUNEŠOVÁ Marie, HLUBIK Pavel, HAINER Vojtěch, BÝMA Svatopluk, 2005. *Obezita: Doporučený diagnostický a léčebný postup pro všeobecné praktické lékaře* [online]. 1. Praha 10: Centrum doporučených postupů pro praktické lékaře Společnost všeobecného lékařství [cit. 2023-04-10]. ISBN 80-903573-8-5. Dostupné z: <https://www.svl.cz/files/files/Doporucene-postupy-2003-2007/Obezita.pdf>
- LIM T. K., 2015. *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants: volume 10, Modified Stems, Roots, Bulbs* [online]. 10. Springer Dordrecht Heidelberg [cit. 2023-01-31]. ISBN 978-94-017-9511-1. Dostupné z: doi:10.1007/978-94-017-7276-1_18
- LUO Xiao, Jayashree ARCOT, Timothy GILL, Jimmy C. Y. LOUIE, Anna RANGAN, 2019. A review of food reformulation of baked products to reduce added sugar intake. *Trends in Food Science and Technology* [online]. 2019(86), 412-425 [cit. 2023-03-22]. ISSN 09242244. Dostupné z: doi:10.1016/j.tifs.2019.02.051
- MAGNUSON B. A., CARAKOSTAS M. C., MOORE N. H., POULOS S. P., RENWICK A. G., 2016. Biological fate of low-calorie sweeteners. *Nutrition Reviews* [online]. 2016(74), 670-689 [cit. 2023-03-21]. Dostupné z: doi:10.1093/nutrit/nuw032
- MAGNUSON B. A., A. ROBERTS, E. R. NESTMANN, 2017. Critical review of the current literature on the safety of sucralose. *Food and Chemical Toxicology* [online]. 2017(106), 324-355 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.05.047>

MÄKINEN Kauko, HONKALA Eino, SAAG Mare, KENNEPOHL Elke, EAPEN Alex, 2016. Erythritol Is More Effective Than Xylitol and Sorbitol in Managing Oral Health Endpoints. *International Journal of Dentistry* [online]. 2016, 1-15 [cit. 2023-04-02]. ISSN 9868421. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1155/2016/9868421>

MARINOVICH M., C. L. GALLI, C. BOSETTI, S. GALLUS, C. La VECCHIA, 2013. Aspartame, low-calorie sweeteners and disease: Regulatory safety and epidemiological issues. *Food and Chemical Toxicology* [online]. 2013(60), 109-115 [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.07.040>

MEHAT Kirnjot, Schristopher Peter CORPE, Yi, CHEN, 2022. The Combined Effects of Aspartame and Acesulfame-K Blends on Appetite: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Clinical Trials. *Advances in Nutrition* [online]. 2022(13), 2329-2340 [cit. 2023-03-23]. ISSN 21618313. Dostupné z: doi:[10.1093/advances/nmac072](https://doi.org/10.1093/advances/nmac072)

MIELE N. A., CABISIDAN E K., BLAIOTTA G., LEONE S., MASI P., R. Di MONACO, S. CAVELLA, 2017. Rheological and sensory performance of a protein-based sweetener (MNEI), sucrose, and aspartame in yogurt. *Journal of dairy science* [online]. 2017(100), 9539-9550 [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: doi:[10.3168/jds.2017-12894](https://doi.org/10.3168/jds.2017-12894)

OJO KAYODE R. M., O. A: ABIODUN, S. A. AKEEM, H. O. OYENEYE, 2019. Influence of partial substitution of sugar with serendipity berry (*dioscoreophyllum cumminsii*) extract on the quality attributes and shelf-life of wheat bread. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences* [online]. 2019(9), 115-120 [cit. 2023-02-22]. Dostupné z: doi:[10.15414/jmbfs.2019.9.1.115-120](https://doi.org/10.15414/jmbfs.2019.9.1.115-120)

MOORADIAN A. D., M. SMITH, M. TOKUDA, 2017. The role of artificial and natural sweeteners in reducing the consumption of table sugar: A narrative review. *Clinical Nutrition ESPEN* [online]. 2017(18), 1-8 [cit. 2023-03-23]. ISSN 24054577. Dostupné z: doi:[10.1016/j.clnesp.2017.01.004](https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2017.01.004)

Nářízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách v plném znění. [online]. [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1333&from=CS>

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 609/2013 o potravinách určených pro kojence a malé děti, potravinách pro zvláštní lékařské účely a náhradě celodenní stravy pro regulaci hmotnosti a o zrušení směrnice Rady 92/52/EHS, směrnice Komise 96/8/ES, 1999/21/ES, 2006/125/ES a 2006/141/ES, směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/39/ES a nařízení Komise (ES) č. 41/2009 a (ES) č. 953/2009 [online]. [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013R0609>

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011 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 a Rady 2000/13/ES, směrnice Komise 2002/67/ES a 2008/5/ES a nařízení Komise (ES) č. 608/2004. [online]. [cit. 2023-02-16]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R1169&from=cs>

Nařízení Komise (EU) č. 1129/2013, kterým se mění příloha II nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách v plném znění. [online]. [cit. 2023-02-16]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R1129&from=SL>

Nařízení Komise (EU) č. 1131/2011, kterým se mění příloha II nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008, pokud jde o steviol-glykosidy. [online]. [cit. 2023-02-16]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R1131&from=GA#:~:text=%C3%9A%C5%99ad%20stanovil%20p%C5%99ijatel%C3%BD%20denn%C3%AD%20p%C5%99%C3%ADjem,pou%C5%BEit%C3%AD%20pravd%C4%9Bpodobn%C4%9B%20mohl%20b%C3%BDt%20p%C5%99ekro%C4%8Den>.

Nařízení Komise (EU) č. 2016/479, kterým se mění příloha II nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008, pokud jde o použití steviol-glykosidů (E 960) jako sladidla v některých nápojích se sníženým obsahem energie nebo bez přidaných cukrů. [online]. [cit. 2023-02-16]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0479&from=CS>

NKWOCHA Ch. Ch., R. Ch. EKEANYANWU, I. U. OKAGU, 2022. Nutritional and antinutritional composition of *Synsepalum dulcificum* seeds. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research* [online]. 2022(21), 779-785 [cit. 2023-04-29]. ISSN 1596-9827. Dostupné z: doi:DOI: 10.4314/tjpr.v21i4.14

O'DONNELL KAY, KEARSLEY MALCOLM W, 2017. *Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology (2nd Edition)*. 2017. ISBN 9781523111077. Dostupné také z:

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsknv&an=edsknv.kpSSAFTE0A&scope=site>

OLOYEDE H. O. B., BELLO T. O., SALAWU M. O., 2015. Antidiabetic and antidyslipidemic activities of aqueous leaf extract of *Dioscoreophyllum cumminsii* (Stapf) Diels in alloxan-induced diabetic rats. *Journal of ethnopharmacology* [online]. 2015(166), 313-322 [cit. 2023-02-22]. Dostupné z: doi:10.1016/j.jep.2015.02.049

OTABE, A., FUJIEDA T., MASUYAMA T., UBUKATA K., LEE C., 2011. Advantame – An overview of the toxicity data. *Food and Chemical Toxicology* [online]. 2011(49), S2-S7 [cit. 2023-04-06]. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1016/j.fct.2011.06.046

PANG Michaelle D., Gijs H. GOOSSENS, Ellen E. BLAAK, 2020. The Impact of Artificial Sweeteners on Body Weight Control and Glucose Homeostasis. *Frontiers in Nutrition* [online]. 2020(7), 1-19 [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.3389/fnut.2020.598340

PAVANELLO Sofia, MORETTO Angelo, Carlo La VECCHIA, Gianfranco ALICANDRO, 2023. Non-sugar sweeteners and cancer: Toxicological and epidemiological evidence. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* [online]. 2023(139) [cit. 2023-04-03]. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2023.105369

PETERSON Michael E., 2013. Xylitol. *Topics in Companion Animal Medicine* [online]. 2013(28), 18-20 [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: doi:https://doi.org/10.1053/j.tcam.2013.03.008

PLAZA-DIAZ Julio, PASTOR-VILLAESCUSA Belén, RUEDA-ROBLES Ascención, ABADIA-MOLINA Francisco, RUIZ-OJEDA Francisco Javier, 2020. Plausible biological interactions of low- and non-calorie sweeteners with the intestinal microbiota: An update of recent studies. *Nutrients* [online]. 2020(1153), 1-15 [cit. 2023-03-20]. ISSN 20726643. Dostupné z: doi:10.3390/nu12041153

RAJCHL Aleš, 2019. *Reformulace potravin: Hodnocení možností reformulací hlavních potravinářských komodit* [online]. Praha: Potravinářská komora České republiky [cit. 2023-05-14]. ISBN 978-80-88019-36-7. Dostupné z: <http://www.reformulace.cz/images/publikace/PUBLIKACE.pdf#page=84>

REGNAT K., R. L. MACH, A. R. MACH-AIGNER, 2018. Erythritol as sweetener—wherefrom and whereto?. *Applied Microbiology and Biotechnology* [online]. 2018(102), 587-595 [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1007/s00253-017-8654-1>

RUIZ-OJEDA, Francisco Javier, PLAZA-DIÁZ J., SÁEZ-LARA M. J., GILL A., 2019. Effects of Sweeteners on the Gut Microbiota: A Review of Experimental Studies and Clinical Trials Author links open overlay panel. *Advances in Nutrition* [online]. 2019(10), S31-S48 [cit. 2023-04-21]. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1093/advances/nmy037>

SAMUEL P., A.T. AYOUB, B. A. MAGNUSON, U. WÖLWER-RIECK, P. B. JEPPESEN, P. J. ROGERS, I. ROWLAND, R. MATHEWS, 2018. Stevia Leaf to Stevia Sweetener: Exploring Its Science, Benefits, and Future Potential. *Journal of nutrition* [online]. 2018(148), 1186S-1205S [cit. 2023-02-20]. Dostupné z: doi:[10.1093/jn/nxy102](https://doi.org/10.1093/jn/nxy102)

SCHIATTI-SISÓ I. P., S. E. QUINTANA, L. A. GARCÍA-ZAPATEIRO, 2020 Stevia (*Stevia rebaudiana*) as a common sugar substitute and its application in food matrices: an updated review. *Journal of food science and technology-mysore* [online]. 2022 [cit. 2023-02-19]. Dostupné z: doi:[10.1007/s13197-022-05396-2](https://doi.org/10.1007/s13197-022-05396-2)

SVATOŠOVÁ Veronika, 2022. Vliv dlouhodobých faktorů na spotřebu cukru v České republice. *Listy cukrovarnické a řepařské* [online]. 2022(3), 121-126 [cit. 2023-05-03]. Dostupné z: http://www.cukr-listy.cz/on_line/2022/PDF/121-126.pdf

TIEFENBACHER Karl F., 2017. Chapter Three – Technology of Main Ingredients-Sweeteners and Lipids. In: *The Technology of Wafers and Waffles: Operation Aspects* [online]. 1. s. 123-225 [cit. 2023-03-08]. ISBN 9780128094389. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809438-9.00003-X>

TZU-CHIEN Kao, Wu CHI-HAO, Yen GOW-CHIN, 2014. Bioactivity and Potential Health Benefits of Licorice. *Journal of agricultural and food chemistry* [online]. 2014(62) 542-553 [cit. 2023-02-16]. Dostupné z: doi:[10.1021/jf404939f](https://doi.org/10.1021/jf404939f)

WER EE J., A. VELAGA, R. MAC GUAD, V. SUBRAMANIYAN, N. K. FULORIA, S. FULORIA, K. W. CHOY, Y. S. WU, 2022. Deciphering *Synsepalum dulcificum* as an Arising Phytotherapy Agent: Background, Phytochemical and Pharmacological Properties with Associated Molecular. *Sains Malaysiana* [online]. 2022(51) 200-208 [cit. 2023-02-02]. Dostupné z: [doi:http://doi.org/10.17576/jsm-2022-5101-16](http://doi.org/10.17576/jsm-2022-5101-16)

WILK Klara, KORYTEK Wiktoria, PELCZYŃSKA Marta, MOSZAK Malgorzata, BOGDAŃSKI Paweł, 2022. The Effect of Artificial Sweeteners Use on Sweet Taste Perception and Weight Loss Efficacy: A Review. *Nutrients* [online]. 2022(14), 1-15 [cit. 2023-03-19]. ISSN 20726643. Dostupné z: [doi:10.3390/nu14061261](https://doi.org/10.3390/nu14061261)

TIAN Y., H. WANG, M. WANG, X. LI, S. MA, W. WANG, J. WANG, J. TANG, J. WU, P. FENG, Y. FU, S. HAN, T. LIU, H. CHEN, H. HOU, Q. HU, 2022. Evaluation of inhalation toxicology after a 90-day xylitol aerosol exposure in Sprague-Dawley rats. *Toxicology and Applied Pharamcology* [online]. 2022(446), 1-9 [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1016/j.taap.2022.116045](https://doi.org/10.1016/j.taap.2022.116045)

Zákon č. 110/1997 Sb. zákon o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů.: *Sbírka zákonů ČR*. [online]. [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-110>

Zákon č. 110/1997 Sb. o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů.: *Sbírka zákonů ČR*. [online]. [cit. 2023-02-16]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-110>

ZLATOHLÁVEK, Lukáš, 2019. *Klinická dietologie a výživa*. Druhé. Praha: Current Media. ISBN 978-80-88129-44-8.

VENN, B. J., T. J. GREEN, 2007. Glycemic index and glycemic load: measurement issues and their effect on diet–disease relationships. *European Journal of Clinical Nutrition* [online]. 2007(61), S122-S131 [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602942](https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602942)

WHO, 2022. Obesity in older children, adolescents and adults, 2022. In: *World health statistics 2022: Monitoring health for the SDGs* [online]. s. 44-46 [cit. 2023-03-27]. ISBN 978-92-4-005114-0. Dostupné z: <file:///C:/Users/Lucie/Downloads/9789240051140-eng.pdf>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ADI Přijatelná denní konzumace

BMI Body Mass Index

ES Evropské společenství

EU Evropská unie

FDA Food and Drug Administration

GI Glykemický index

GL Glykemická nálož

Sb Sběrka zákonů

TBC Tuberkulóza

WHO World Health Organization

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 <i>Stevia rebaudiana</i> (Gerwig et al., 2016)	12
Obrázek 2 Steviol-glykosid přirozeně se vyskytující v listech <i>Stevia rebaudiana</i> (Gerwig et al., 2016)	13
Obrázek 3 Listy lékořice lysé (Lim, 2015)	15
Obrázek 4 Glycyrrhizin (Tzu-Chien et al., 2014)	15
Obrázek 5 <i>Synsepalum dulcificum</i> (Achigan-Deko et al., 2015).....	18
Obrázek 6 Plod Luo Han Guo (He et al., 2022)	21
Obrázek 7 Xylitol – strukturní vzorec (Regnat et al., 2018).....	22
Obrázek 8 Erythritol – strukturní vzorec (Regnat et al., 2018)	23
Obrázek 9 Acesulfam K – strukturní vzorec (O’ donnell a Koarsley, 2017)	25
Obrázek 10 Aspartam – strukturní vzorec (Čopíková et al., 2013)	27
Obrázek 11 Cyklamát sodný – strukturní vzorec (O’ donnell a Koarsley, 2017)	28
Obrázek 12 Sukralosa – strukturní vzorec (O’ donnell a Koarsley, 2017).....	30
Obrázek 13 Neotam – strukturní vzorec (O’ donnell a Koarsley, 2017).....	31
Obrázek 14 Advantam – strukturní vzorec (Otabe et al., 2011)	32
Obrázek 15 Víčko pudingu s obsahem sladidel (Lucie Kunčarová)	35
Obrázek 16 Obsah látek obsažených v pudingu (Lucie Kunčarová).....	36
Obrázek 17 Metabolismus steviol-glykosidu v lidském trávicím traktu (Samuel et al., 2018).	46
Obrázek 18 Průměrná DMFT u dětí ve věku 12 let (O’ donnell a Kearsley, 2017).....	53

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Seznam náhradních sladidel dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008).....	34
Tabulka 2 Klasifikace GI, GL, (O'donell a Kearsley, 2017; Veen a Green, 2007).....	39
Tabulka 3 Ukázka potravin s různými hodnotami GI a GL (Foster-Powell et al., 2002)....	39
Tabulka 4 Ukázka GL u vybraných sladidel, o kterých se píše v této práci (O'donell a Kearsley, 2017).....	40
Tabulka 5 Přehled působení sladidel (Cao et al., 2020; Čopíková et al., 2013; Bueno-Hernández et al., 2019; Plaza-Diaz et al., 2020; Ruiz-Ojeda et al., 2019)	46