

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav zdravotnického managementu a ochrany veřejného zdraví

Penelope Maria Chodounská

Náhradní sladidla ve výživě

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Martina Kovalová, Ph.D.

Olomouc 2024

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

V Olomouci 19. července 2024



.....

Penelope Maria Chodounská

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala Mgr. Martině Kovalové, Ph.D. za cenné rady, čas, trpělivost a odborné vedení, které bylo velmi přínosné při vypracování této bakalářské práce.

ANOTACE

Typ závěrečné práce: Bakalářská práce

Téma práce: Náhradní sladidla ve výživě

Název práce: Náhradní sladidla ve výživě

Název práce v AJ: Sugar substitutes in nutrition

Datum zadání: 2023-11-24

Datum odevzdání: 2024-07-19

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav zdravotnického managementu a ochrany veřejného
zdraví

Autor práce: Chodounská Penelope Maria

Vedoucí práce: Mgr. Martina Kovalová, Ph.D.

Oponent práce: doc. MUDr. Helena Kollárová, Ph.D.

Abstrakt v ČJ: Cílem této práce je poskytnout kompletní přehled o náhradních sladidlech, jejich využití v potravinářském a farmaceutickém průmyslu a analyzovat jejich vliv na lidské zdraví. Práce stručně popisuje sacharidy a náhradní sladidla a jejich použití a vliv na lidské zdraví. V práci je popsána definice náhradních sladidel, historie, rozdělení a legislativní rámec potravin pro země Evropské unie. Rešeršní činností bylo v databázích Web of Science, PubMed a Scopus nalezeno 391 článků a studií, pro závěrečnou diskuzi byly použity 4 z nich. Studie ukazují, že náhradní sladidla mohou být užitečná při snižování příjmu kalorií, regulaci hladiny glukózy v krvi a prevencí zubních kazů. Práce zdůrazňuje potřebu dalšího výzkumu, aby byly plně pochopeny dlouhodobé účinky náhradních sladidel na lidské zdraví.

Abstrakt v AJ: The aim of this thesis is to provide a complete overview of sugar substitutes, their use in the food and pharmaceutical industry and to analyse their impact on human health. The thesis briefly describes carbohydrates and sweeteners and their use and effect on human health. The definition of sugar substitutes, history, distribution and legislative framework of food sweeteners for the European Union countries are described in the thesis. A search of the Web of Science, PubMed and Scopus databases retrieved 391 articles and studies and 5 of them were used for the final discussion. Studies show that sugar substitutes can be useful in reducing calorie intake, regulating blood glucose levels and preventing tooth decay. The work highlights the need for further research to fully understand the long-term effects of sweeteners on human health.

Klíčová slova v ČJ: náhradní sladidla, umělá sladidla, přírodní sladidla, výživa, sacharidy, zdraví, obezita, diabetes mellitus, zubní kaz

Klíčová slova v AJ: sugar substitutes, artificial sweeteners, natural sweeteners, nutrition, carbohydrates, health, obesity, diabetes mellitus, dental caries

Rozsah: 46/0

Obsah

Obsah.....	5
Úvod	8
Rešeršní činnost.....	9
.....	10
1. Rozdělení sacharidů.....	11
1.1. Monosacharidy	11
1.1.1. Glukóza.....	11
1.1.2. Galaktóza	11
1.1.3. Fruktóza.....	12
1.2. Oligosacharidy.....	12
1.2.1. Laktóza	12
1.2.2. Sacharóza.....	12
1.2.3. Maltóza	13
1.3. Polysacharidy	13
1.3.1. Škrob.....	13
1.3.2. Glykogen	13
2. Náhradní sladidla.....	14
2.1. Definice	14
2.2. Historie	14
2.3. Legislativa	14
2.4. Dělení sladidel	16
2.5. Náhradní sladidla přírodní	17
2.5.1. Sorbitol E 420	17
2.5.2. Mannitol E 421	17
2.5.3. Isomalt E 953.....	18

2.5.4.	Thaumatococcus E 957	18
2.5.5.	Neohesperidin DC E 959	18
2.5.6.	Steviol-glykosidy ze stévie E 960	18
2.5.7.	Maltitol E 965	19
2.5.8.	Laktitol E 966	20
2.5.9.	Xylitol E 967	20
2.6.	Náhradní sladidla umělá	21
2.6.1.	Acesulfam K E 950	21
2.6.2.	Aspartam E 951	22
2.6.3.	Kyselina cyklamová a její sodná a vápenatá sůl E 952	23
2.6.4.	Sacharin a jeho sodná, draselná a vápenatá sůl E 954	23
2.6.5.	Sukralosa E 955	24
2.6.6.	Neotam E 961	25
2.6.7.	Sůl aspartamu-acesulfamu E 962	26
2.6.8.	Advantam E 969	26
3.	Využití sladidel v potravinářském a farmaceutickém průmyslu	27
3.1.	Obchodní označování potravin obsahujících sladidla	27
3.2.	Využití sladidel v potravinářství	27
3.2.1.	Využití sladidel v nealkoholických nápojích	27
3.2.2.	Využití sladidel v mléčných produktech	28
3.2.3.	Využití náhradních sladidel v cukrovinkách	28
3.2.4.	Využití sladidel v pekařských produktech	29
3.2.5.	Využití jako stolní sladidlo	29
3.3.	Využití sladidel ve farmaceutickém a kosmetickém průmyslu	29
4.	Vliv náhradních sladidel na lidské zdraví	31
4.1.	Důvody k používání náhradních sladidel	31
4.2.	Obezita	31

4.3. Diabetes Mellitus	32
4.3.1. Glykemický index	33
4.3.2. Diabetes Mellitus I. typu	33
4.3.3. Diabetes Mellitus II. typu	34
4.4. Zubní kaz	34
4.5. Vliv náhradních sladidel na lidské zdraví.....	34
4.5.1. Vliv náhradních sladidel na riziko vzniku obezity	35
4.5.2. Vliv náhradních sladidel na diabetes	35
4.5.3. Vliv náhradních sladidel na zubní kaz.....	36
Závěr.....	37
Seznam použité literatury	38
Seznam použitých zkratek	44
Seznam tabulek.....	45
Seznam obrázků.....	46

Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá náhradními sladidly, jejich použitím a vlivem na lidské zdraví. Náhradní sladidla jsou látky, které poskytují sladkou chuť s nízkým nebo žádným obsahem kalorií. Jsou využívána v potravinářském průmyslu k redukci obsahu cukru v produktech a k tomu, aby pomohla kontrolovat energetický příjem spotřebitelů. Mezi nejčastěji používaná náhradní sladidla patří aspartam, sukralóza, stevia a sacharin. Každé z těchto sladidel má své specifické vlastnosti, výhody a nevýhody, které je třeba zvážit při jejich používání.

V potravinářském průmyslu jsou náhradní sladidla často přidávána do nápojů, mléčných výrobků, sladkostí, a pekárenských produktů s cílem snížit kalorickou hodnotu a nabídnout alternativu pro osoby s potřebou regulace příjmu cukru. Ve farmaceutickém průmyslu se sladidla používají ke zlepšení chuti léků, což může zvýšit jejich přijatelnost a tím i dodržování léčebného režimu pacientů.

Již od počátku uvedení náhradních sladidel na trh je provází určité spekulace. Navzdory přínosům, existují také obavy týkající se jejich dlouhodobého působení na lidské zdraví.

Studie naznačují, že některá sladidla mohou ovlivňovat inzulinovou rezistenci, chuť k jídlu a střevní mikroflóru. Zatímco některé studie vykazují pozitivní účinky, jiné poukazují na možná zdravotní rizika.

Hlavním cílem této bakalářské práce je poskytnout kompletní přehled o náhradních sladidlech, jejich využití v potravinářském a farmaceutickém průmyslu a analyzovat jejich vliv na lidské zdraví.

Rešeršní činnost

Pro rešeršní strategii byl použit standardní postup s pomocí booleovských operátorů a vhodných klíčových slov. Tato rešeršní činnost byla použita pro tvorbu sumarizace vlivů náhradních sladidel na lidské zdraví.

VYHLEDÁVACÍ KRITÉRIA:

Klíčová slova v Čj: náhradní sladidla, sladidla, umělá sladidla, zdraví, diabetes, obezita, zubní kaz

Klíčová slova a Aj: sugar substitutes, sweeteners, artificial sweeteners, health, diabetes, obesity, dental caries

Jazyk: čeština, angličtina

Období: 2005–2024



DATABÁZE:

Web of Science: 35

Scopus: 995

PubMed: 804



Nalezeno 1834 článků



VYŘAZUJÍCÍ KRITÉRIA:

Duplicitní dokumenty, nesouvisející a neodpovídající obsah, kvalifikační práce, otevřený přístup



SUMARIZACE DOHLEDANÝCH DOKUMENTŮ:

Web of Science: 18

Scopus: 268

PubMed: 105



Pro tvorbu sumarizace vlivu náhradních sladidel na lidské zdraví bylo použito 5 dohledaných článků.

1. Rozdělení sacharidů

Sacharidy mohou být formálně rozděleny do tří skupin: monosacharidy, oligosacharidy a polysacharidy. Každou z těchto kategorií lze dále dělit z hlediska struktury i funkce. Potrava rostlinného původu obvykle obsahuje výrazně více sacharidů než ta živočišného původu, často až 90 %. Sacharidy spolu s tuky hrají klíčovou roli při pokrytí potřebné energie. Je doporučováno, aby sacharidy tvořily více než 50 % denního energetického příjmu. Mimo to, že jsou důležitým zdrojem energie, některé upravují také střevní peristaltiku (Havlík & Marounek, 2013).

Monosacharidy a oligosacharidy se lidově označují souhrnným názvem cukry, neboť mají spoustu společných vlastností. Vznikají v přírodě v buňkách fotoautotrofních organismů asimilací vzdušného oxidu uhličitého v přítomnosti vody a za využití fotosyntézy. Přeměněné ve fotosystémech na chemickou energii. Jsou tedy stálou složkou všech buněk (Velíšek & Hajšlová, 2009).

1.1. Monosacharidy

Jsou složeny jen z jedné cukerné jednotky. Rozdělují se na aldosity a ketosity, dále monosacharidy se dělí dle počtu uhlíků v řetězci na triosy, tetrosy, pentosy, hexosy atd. Triosy jsou výhradně acyklické, tetrosy a vyšší monosacharidy existují převážně v pětičlenných a šestičlenných strukturách. Nalezneme je převážně v ovoci, kde obsah závisí na zralosti, druhu, skladování a zpracování (Velíšek & Hajšlová, 2009).

1.1.1. Glukóza

Glukóza neboli hroznový či krevní cukr, je jeden z nejčastěji se vyskytujících monosacharidů, je součástí několika jiných sacharidů, nalezneme ji rovněž v krevním řečišti a u lidí trpících onemocněním diabetes mellitus až v koncentraci 10 % také v moči. Její koncentraci v krvi značíme jako glykemii. Při namáhavé práci se rychle vstřebává, a právě pro svou lehkou vstřebatelnost je vhodná jako součást intravenózní výživy (Velíšek & Hajšlová, 2009; Havlík & Marounek, 2013).

1.1.2. Galaktóza

Galaktóza je součástí oligosacharidu laktóza, známého také jako mléčný cukr. Také stejně jako glukóza se vstřebává velmi rychle. Oxidací její koncové hydroxylové skupiny vzniká

kyselina galakturonová, která slouží jako stavební jednotka pro pektin (Havlík & Marounek, 2013).

1.1.3. Fruktóza

Fruktózu neboli ovocný cukr, jak už název napovídá, nalezneme v první řadě ve zralém ovoci, ale i v zelenině, je také hlavní složkou medu. Ve vázané formě ji můžeme nalézt společně s glukózou v sacharóze a sorbitolu. Na rozdíl od sorbitolu, který se vstřebává asi jen z 10-30 %, fruktóza z ovoce se vstřebává ze 100 % (Havlík & Marounek, 2013; Honzík & Zeman, 2023).

1.2. Oligosacharidy

Skládají se ze dvou až deseti stejných nebo také různých monosacharidových jednotek spojených vzájemně glykosidovými vazbami. Oligosacharidy mohou obsahovat monosacharidy ve formách pyranosy nebo furanosy. Dle obsahu monosacharidových jednotek se rodějí na disacharidy, trisacharidy až dekasacharidy. Jsou přítomny například v mléce, ovoci i medu. Nejčastěji se využívají jako sladidla pro diabetiky v kombinaci se syntetickými sladidly, zároveň se dají využít i jako prebiotika (Velíšek & Hajšlová, 2009; Račická, 2012; Havlík & Marounek, 2013).

1.2.1. Laktóza

Neboli mléčný cukr, složený ze dvou monosacharidů z glukózy a galaktózy. Jak už název vypovídá, nachází se v mléce savců, kde tvoří 2-8 % pevných částic. Je to dobrý zdroj energie, ale její příjem vede k vyšší hladině cukru v krvi (Velíšek & Hajšlová, 2009).

1.2.2. Sacharóza

Tento disacharid skládající se z glukózy a fruktózy se do Evropy dostal z Ameriky, kde byl získáván z cukrové třtiny později se v Evropě začal vyrábět z cukrové řepy (Doležal, 2008; Velíšek & Hajšlová, 2009). V potravinách vede ke žlutému až hnědému zbarvení a tvorbě vůně i přes to, že je to krystalická bílá látka bez zápachu. Zahřívání vede ke karamelizaci (Čopíková, 1999).

Sacharóza hraje v potravinářských výrobcích velmi významnou roli a výrobci se za pomoci náhradních sladidel snaží, co nejvíce přiblížit její chuti a nutričním vlastnostem, často i jejich různými kombinacemi. U sladidel je tedy vyžadována stejně sladká chuť, ale nižší energetická hodnota (Čopíková, 1999; Rajchl, 2019).

1.2.3. Maltóza

Neboli sladový cukr můžeme najít ve většině potravin například v chlebovém těstě, klíčících semenech, obilovinách a ovoci. Maltóza má 30-60 % sladivosti sacharózy. Využívá se v pivovarnictví, pivovarskými kvasinkami a je součástí procesu kvašení při výrobě alkoholických nápojů. Vzniká hydrolyzou škrobu a glykogenu (Velíšek & Hajšlová, 2009).

1.3. Polysacharidy

Jsou složeny z více než deseti stejných nebo různých monosacharidů, běžně se skládají z většího počtu molekul monosacharidů. Nejdůležitější jsou ve výživě polysacharidy rostlin. V potravinářství se využívá hlavně agar, karagenany a algináty. Přirozeně se vyskytují v ovoci, zelenině a obilovinách (Velíšek & Hajšlová, 2009).

1.3.1. Škrob

Jako základní zásobní polysacharid rostlin je škrob jejich zásobárnou energie. Obsahuje dva polysacharidy amylosu a amylopektin, zastoupení těchto dvou polysacharidů se liší v závislosti na původu a vegetačním stádiu rostliny. Ukládá se do micel nazývaných škrobová zrna (Velíšek & Hajšlová, 2009).

1.3.2. Glykogen

Glykogen je zásobní polysacharid živočišných tkání, který je velmi podobný amylopektinu, obsahuje přibližně 30–60 tisíc glukózových jednotek. Ukládá se v játrech a svalech, kde se také syntetizuje a štěpí. Jeho štěpením vzniká glukóza, která se později uvolňuje z jaterních buněk do krevního oběhu. (Honzik & Zeman, 2023)

2. Náhradní sladidla

2.1. Definice

Náhradní sladidla jsou náhražky cukru, které se používají jako alternativa klasického cukru. Nemůžeme mezi ně zařadit monosacharidy a disacharidy, ale ani med. Jsou mnohonásobně sladší než přírodní cukr, a protože obsahují minimum či žádné kalorie, jsou oblíbené při kontrole hmotnosti a obezité. Stále se však diskutuje o tom, zda používání náhradních sladidel představuje zdravotní hrozbu. Náhradní sladidla, mohou být přírodního či syntetického původu. V současné době se používají v potravinářském, farmaceutickém a kosmetickém průmyslu.

(Račická, 2012; Brown et al., 2010)

2.2. Historie

Náhradní sladidla se v potravinářském průmyslu začala objevovat v 19. století, ale až od roku 2000 dochází k prudkému nárůstu spotřeby. Sacharin, jako první sladidlo, byl objeven v roce 1878 v podstatě náhodou chemiky Remsenem a Fahlbergem, dále byly objeveny cyklamáty v roce 1937 a aspartam spolu s acesulfamem K v roce 1967. Většina umělých sladidel vznikala náhodou jako vedlejší produkty nebo meziprodukty při výrobě jiných látek. Nejnověji objevenou látkou je advantam, který byl schválen až teprve v roce 2014 (Basson et al. 2021; O'Donnell & Kearsley, 2012).

2.3. Legislativa

Náhradní sladidla v České republice se řídí zejména legislativou Evropské unie, speciálně nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 ze dne 16. prosince 2008 o potravinářských přídatných látkách v aktuálním znění z 12.2.2024 (verze 55). Toto nařízení stanovuje seznamy povolených sladidel a jejich maximální přípustné denní dávky.

Číslo označení E	Název
E 420	Sorbitol
E 421	Mannitol
E 950	Acesulfam K
E 951	Aspartam
E 952	Kyselina cyklámová 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 960a	Steviol-glykosidy ze stévie
E 960c	Steviol-glykosidy ze stévie
E 960d	Glykosilované steviol-glykosidy
E 961	Neotam
E 962	Sůl aspartamu-acesulfamu
E 964	Polyglycolový sirup
E 965	Maltitol
E 966	Laktitol
E 967	Xylitol
E 968	Erythritol
E 969	Advantam

Tabulka 1. Přehled náhradních sladidel a jejich E kódy (vlastní zpracování dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008).

Sladidla lze zařadit na tento seznam sladidel, pokud splňují jeden nebo více z následujících záměrů:

- a) Substituuji cukr pro výrobu potravin se sníženou energetickou hodnotou, potravin chránících zuby před zubním kazem, nebo potravin bez přidaných cukrů
- b) Substituuji cukr z důvodu zvýšení trvanlivosti potraviny
- c) Jsou uvedeny jako potraviny pro zvláštní výživu, které jsou vhodné pro nutriční účely jim přisuzované

Obchodní označení stolního sladidla musí obsahovat slova „...stolní sladidlo na bázi ...“ s uvedením pojmenování sladidla, stolní sladidla mající ve složení polyalkoholy musí zahrnovat varování „při nadměrné konzumaci může mít projímavé účinky“

Stolní sladidla zahrnující aspartam nebo jeho sůl aspartamu-acesulfamu musí obsahovat varování „obsahuje zdroj fenylalaninu“, producenti stolních sladidel poskytnou informace pro bezpečné využívání výrobku spotřebiteli.

„Sladidly“ se nazývají látky, které se používají k tomu, aby se potravinám nebo stolním sladidlům dodala sladká chuť.

Potravina se sníženým obsahem energie alespoň o 30 % v porovnání s původní potravinou nebo podobným produktem se označuje „potravina se sníženým obsahem energie“, „potravinou bez přidaných cukrů“ je potravina, která se neskládá

- a) Z přidaných monosacharidů nebo disacharidů
- b) Z přidaných potravin, které obsahují monosacharidy nebo disacharidy používané pro sladivé vlastnosti

(dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008).

V České republice kontroluje správné používání náhradních sladidel Ministerstvo zdravotnictví a Státní zdravotní ústav v Evropské Unii to je Evropský úřad pro bezpečnost potravin, kde jsou tedy i schvalována a přezkoumávána. Všeobecná norma kodexu pro potravinářské přídatné látky (GSFA) nabízí k dispozici online databázi přídatných látek, která obsahuje podmínky, za kterých mohou být povolené potravinářské přídatné látky používány (GSFA Online, c2024).

2.4. Dělení sladidel

Sladidla lze rozdělit podle několika kritérií a různých hledisek, například podle jejich energetické hodnoty, sladivosti, chemické struktury nebo způsobu výroby.

Podle energetické hodnoty:

Kalorická – zařazujeme sem hlavně přírodní sladidla

Nízkokalorická – vznikají z přírodních sladidel

Nekalorická – jsou to umělá sladidla např. aspartam

Podle výživového hlediska:

Výživové

Nevýživové

Podle chemické struktury:

Proteiny, peptidy

Chalkony

Halogenové disacharidy

Terpeny

Podle způsobu výroby:

Přírodní

Umělá identická s přírodními

Umělá

(Babička, 2012; Račická, 2012)

2.5.Náhradní sladidla přírodní

2.5.1. Sorbitol E 420

Sorbitol je přirozeně obsažen v ovoci jako jsou například hrušky, švestky a třešně. Byl objeven v roce 1872 v plodech jeřábu. Vyrábí se redukcí glukózy, při které vzniká jako vedlejší produkt fruktózový sirup. Jeho spotřeba značně převyšuje všechny ostatní polyalkoholy. Dosahuje 60 % sladivosti sacharózy. (Rajchl, 2019; Račická, 2012; O'Donnell & Kearsley, 2012).

Používá se v širokém spektru potravin včetně pečiva, cukrovinek, kompotů a společně s mannitolem ve žvýkačkách. Avšak jeho hlavní využití není v potravinářských produktech, ale v zubních pastách a ústních vodách. Má také nízký glykemický index, a tak je vhodný i pro diabetiky (O'Donnell & Kearsley, 2012).

Částečně se vstřebává v horní části gastrointestinálního traktu, neabsorbovaná část je fermentována na plyny, způsobující nadýmání. Studie tohoto sladidla se spíše zaměřují na symptomatické účinky, než jak by toto sladidlo mohlo působit na střevní mikroflóru (Plaza-Diaz et al., 2020).

2.5.2. Mannitol E 421

Mannitol nalezneme v olivách, ficích, houbách a jasanu. Nejefektivnější získávání mannitolu je z mořských řas v Číně, v porovnání s klasickou chemickou cestou, povolena je i výroba fermentací. Dosahuje 50 % sladivosti sacharózy (Račická, 2012; O'Donnell & Kearsley, 2012).

Je to bílá krystalická sloučenina, dobře rozpustná ve vodě. Není součástí Maillardových reakcí, avšak s některými bílkovinami a aminokyselinami vytváří žádoucí chuť i barvu. V potravinářství se využívá ve žvýkačkách, sušeném ovoci, cukrovinkách a džemech. Ve farmaceutickém průmyslu do 5 % v kapkách proti kašli (O'Donnell & Kearsley, 2012).

Přibližně třičtvrtě stráveného mannitolu se dostane do tlustého střeva a při koncentracích vyšších než 10-20 g za den byly hlášeny projímavé účinky (Mortensen, 2006; Plaza-Diaz, 2020).

2.5.3. Isomalt E 953

Isomalt je polyalkohol, který byl poprvé nalezen v roce 1957 při fermentaci jiného sacharidu. Isomalt je vyráběn jako bílý krystalický materiál a je dostupný v různých variantách a typech. Skládá se z glukózy a mannitolu. Vyrábí se z řepy (O'Donnell & Kearsley, 2012; Račická, 2012).

Velmi dobře zvládá dlouhodobé skladování, při kterém neztrácí svou chuť ani sladivost, je stabilní i při vyšších teplotách. Jeho chuť je čistá, sladká a bez pachutí, velmi podobná sacharóze. Díky svým vynikajícím vlastnostem s ohledem na jeho chuťové vlastnosti a trvanlivost je isomalt preferovanou volbou, zejména v oblasti cukrovinek označených jako bez cukru. Jeho relativní sladivost je 0,4 oproti sacharóze (O'Donnell & Kearsley, 2012).

2.5.4. Thaumatin E 957

Thaumatín pochází ze západoafrické rostliny s názvem katamfe (Thaumatococcus daniellii). Extrahuje se z dužiny jejích plodů, které obsahují sladké bílkoviny. Poprvé byl izolován v roce 1972 (O'Donnell & Kearsley, 2012).

Thaumatín interaguje s chuťovými receptory v ústní dutině, což vyvolává sladkou chuť, která zůstává v ústech až 30 minut po požití. Má lékořicovou pachutí, která může vzniknout při interakci s hořkými receptory. Jeho sladivost je 3000krát vyšší než sladivost sacharózy (Healey et al., 2017). Oblíbený zejména v potravinách s nízkým obsahem kalorií a v potravinách určených pro diabetiky. Thaumatín je také stabilní při vysokých teplotách, což ho činí vhodným pro pečení a vaření, dále se užívá ve žvýkačkách a nápojích. Také se používá ve farmaceutickém průmyslu, protože dobře překrývá hořkou chuť. (Healey et al., 2017; O'Donnell & Kearsley, 2012).

2.5.5. Neohesperidin DC E 959

Neohesperidin je produkován z pomerančových flavonoidů. Je 300-600krát sladší než sacharóza a jeho doporučená denní dávka je 5 mg/ kg tělesné hmotnosti (Rajchl, 2019; Mortensen, 2006).

Používá se do směsí s jinými sladidly například se sacharinem a cyklamáty, především pro jeho aromatické a sladivé vlastnosti. Zároveň také snižuje vnímání hořkosti. Využívá se především v cukrovinkách, zubních pastách a léčivech (Račická, 2012; Martí et al., 2008).

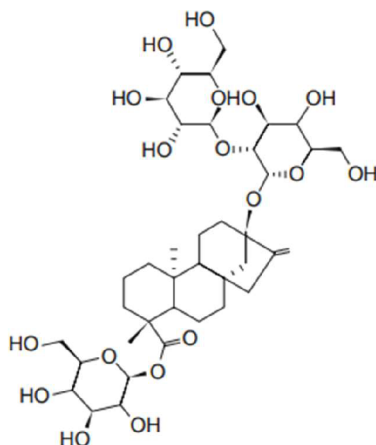
2.5.6. Steviol-glykosidy ze stévie E 960

Steviol-glykosidy jsou obsaženy v listech keře *Stevia rebaudiana*, který roste především v Jižní Americe. V listech tohoto keře je obsaženo více než 100 různých látek. Pod názvem

steviol-glykosidy se skrývají látky steviosid a rebaudiosid (Čopíková et al., 2013; O'Donnell & Kearsley, 2012).

Steviosid je 300krát sladší než sacharóza a doporučená denní dávka je 4 mg/kg tělesné hmotnosti. Má silnou kovovou a hořkou pachut'. Je to dobrý zdroj nutričních složek a funkčních vlastností, které podporují zdraví. Obsahuje vysoký obsah fenolů a flavonoidů, používaných jako antioxidanty, dále obsahuje minerální látky jako je draslík, sodík, fosfor, hořčík, železo, mangan a měď. V lidském těle se hydrolyzuje na steviol, který se později v játrech konjuguje a je vylučován močí. Je tedy neenergetický a může být použitelný i pro pacienty s onemocněním diabetes mellitus, fenyلكetonurií a obezitě (Čopíková et al., 2013; Chughtai et al., 2020).

V potravinářském průmyslu se využívá téměř ve všech odvětvích především do cukrovinek, pekařských výrobků, nápojů a také jako stolní sladidlo (O'Donnell & Kearsley, 2012).



Obrázek 1. Strukturální vzorec steviosidu (O'Donnell & Kearsley, 2012)

2.5.7. Maltitol E 965

Tento polyalkohol, můžeme v přírodě nalézt například v kukuřici nebo obilovinách. Vyrábí se ve formě prášku a sirupu. Maltitol může obsahovat velmi malé množství jiných polyalkoholů, zatímco maltitolový sirup obsahuje významné množství jiných polyalkoholů, od sorbitolu až po hydroge-nované polysacharidy obsahující více než tři glucitolové jednotky. Jsou ve vodě velmi dobře rozpustné, dobře snášejí vysoké teploty, také jsou velmi stabilní a nepodléhají Maillardovým reakcím. Vyrábějí se katalytickou hydrogenací (O'Donnell & Kearsley, 2012; Račická, 2012; Mortensen, 2006).

Využívá se zejména v potravinách bez přidaného cukru, do žvýkaček, zmrzlin, čokolády a pečiva, kde asi nejlépe nahrazuje sacharózu. Je vhodný pro diabetiky a nezpůsobuje zubní kaz. Dosahuje asi 90 % sladivosti sacharózy (O'Donnell & Kearsley, 2012; Račická, 2012).

2.5.8. Laktitol E 966

Laktitol se řadí do skupiny polyalkoholů, skládá se z galaktózy a sorbitolu. Vyrábí se z laktózy, její hydrogenací z mléka. Byl objeven v roce 1920, ale komerčně se začal využívat až v 80. letech. Je to bílý krystalický prášek, bez zápachu s jemnou čistou sladkou chutí. Není tolik sladký a dosahuje pouze 40 % sladivosti sacharózy. (Plaza-Diaz, 2020; O'Donnell & Kearsley, 2012).

Jelikož má laktitol nízkou sladivost může se využít u potravin, které se mohou zdát moc sladké například fondán, marmeláda nebo sušenky. Používá se také v kombinacích s jinými sladidly, aby se zvýšila jeho sladivost. Nejčastěji se užívá v pekařských výrobcích, ve kterých zajišťuje na rozdíl od jiných sladidel křupavost, dále v mléčné, ale i hořké čokoládě a zmrzlinách (Plaza-Diaz, 2020; O'Donnell & Kearsley, 2012; Čopíková, 1999).

V tenkém střevě se nevstřebává a snižuje translokaci patogenních bakterií a zároveň pomáhá růstu laktobacilů a bifidobakterií. Díky těmto vlastnostem se využívá i jako prebiotikum (Plaza-Diaz, 2020).

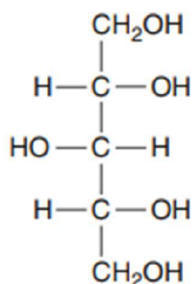
2.5.9. Xylitol E 967

Xylitol nebo také dřevní či březový cukr, vyrábí se hydrogenací xylanu, který se získává z rostlinného materiálu například břízy, malin a švestek (Mortensen, 2006) Je využíván jako sladidlo od 60. let minulého století. Jeho relativní sladivost je 1, tedy stejná jako u sacharózy (O'Donnell & Kearsley, 2012; Račická, 2012).

Uplatňuje se téměř ve všech odvětvích potravinářství, a to i v kombinacích s jinými sladidly. Pro výrobu žvýkaček se používá společně se sorbitolem a pro výrobu čokolád s maltitolem (O'Donnell & Kearsley, 2012).

Toto sladidlo snižuje počet kariogenních a parodontických bakterií, výskyt zubního plaku a zánět dásní, tím že zvyšuje pH a průtok slin v ústní dutině. Ideální denní spotřeba pro podporu zdraví ústní dutiny je 5-6 g. Studie vykazují, že vzorky zubního plaku u pravidelných spotřebitelů xylitolu ukazovaly významné snížení adhezivitu plaku než u těch, kteří xylitol vůbec nekonzumovali (Nayak, 2014).

Jeho vstřebávání v tenkém střevě je velmi pomalé a dle studií lidské snášenlivosti vede spotřeba vyšší než 50 g denně k průjmům (Nayak et al., 2014; Mortensen, 2006).



Obrázek 2. Chemická struktura xylitolu (O'Donnell & Kearsley, 2012)

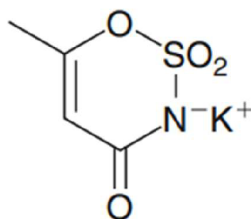
2.6. Náhradní sladidla umělá

2.6.1. Acesulfam K E 950

Toto bílé krystalické náhradní sladidlo s E kódem 950 bylo objeveno zcela náhodou v roce 1967, získává se chemickou syntézou, je asi 200krát sladší než sacharóza. Dobře se rozpouští ve vodě a je velmi stabilní i při vyšších teplotách. Tyto vlastnosti ho staví do velmi dobré pozice při použití v potravinářství především do pekařských výrobků a nápojů. Pokud se acesulfam K používá v nízkých koncentracích má podobnou chuť jako sacharin, ale při vyšších koncentracích zanechává nepříjemnou chemickou pachut'. Proto se stále často využívá v různých směsích sladidel. Jeho sladká chuť přetrvává jen při konzumaci daného pokrmu. Povolené limity pro použití se pohybují od 350 do 1000 mg/kg, ale velmi záleží na typu potraviny. Kromě nápojů a pekařských výrobků se využívá i samostatně jako stolní sladidlo dále do jogurtů, zmrzliny, zavařenin, cukrovinek, ale také do hořčic a omáček (Mortensen, 2006)

Po konzumaci se rychle vstřebává, v těle nemetabolizuje ani se neukládá a rychle se poté beze změny vylučuje, tudíž nemá žádnou energetickou hodnotu (Plaza-Diaz et al., 2020; Castro-Muñoz et al., 2022).

Žádná ze studií zatím nikdy nepotvrdila toxicitu či karcinogenitu. Acetoacetamid, rozkladný produkt acesulfamu-K, může být toxický, nicméně expozice člověka při nízkých koncentracích je zanedbatelná (O'Donnell & Kearsley, 2012).



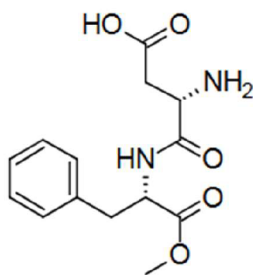
Obrázek 3. Strukturální vzorec acesulfamu K (O'Donnell & Kearsley, 2012)

2.6.2. Aspartam E 951

Jedno z nejznámějších a nejdiskutovanějších sladidel ať už mezi odborníky či laickou veřejností. Skládá se ze dvou aminokyselin, L-fenylalaninu a kyseliny L-asparagové esterifikované na methanol, patří mezi dipeptidy. Je asi 180-200krát sladší než sacharóza. Byl objeven náhodně v roce 1965 a veřejnosti představen v roce 1981. Používá se ve více než 6000 potravinářských produktech. V těle se kompletně stráví, a proto má energetickou hodnotu, ale jelikož je to velmi intenzivní sladidlo, stačí opravdu velmi malé množství, většinou výrobky obsahující aspartam mají tedy zanedbatelnou energetickou hodnotu (Mortensen, 2006; Čopíková, 2013).

Při dlouhodobém zahřívání a ve vodných roztocích je nestabilní, a proto není vhodný na pečení nebo vaření. Ztrácí sladivost při dlouhém uchovávání. Aspartam má chuť podobnou cukru a zvýrazňuje některé chutě v kombinaci s dalšími intenzivními sladidly, např. sacharinem nebo cyklamátem, je sladší. Jeho doporučená denní dávka je 40 mg/kg hmotnosti/den (Račická 2012; Mortensen 2006).

Jelikož jeho hydrolýzou vzniká fenylalanin, je nevhodný pro lidi trpící vzácným onemocněním nazývaným fenylketonurie. Díky této skutečnosti musí obsahovat etiketa upozornění, že tento výrobek obsahuje fenylalanin. Dle některých odborných studií stojí za možným oxidačním stresem, poruchami funkcí ledvin nebo hepatotoxicitou. Na druhou stranu některé důkazy potvrzují, že konzumace aspartamu je vhodná pro diabetiky nemá vliv na krevní tlak, glukózu a lipidy v organismu, naznačují, že aspartam nemá žádný efekt na metabolismus a zůstává tak dále bezpečnou volbou (Castro-Muñoz et al., 2022).

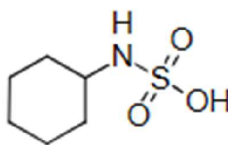


Obrázek 4. Strukturální vzorec aspartamu (Čopíková et al., 2013)

2.6.3. Kyselina cyklamová a její sodná a vápenatá sůl E 952

Cyklamáty byly objeveny v roce 1944, ale až do konce 50. let 20. století se používaly především jako sladidla pro diabetiky. Cyklamáty mají ve všech formách poměrně dlouhodobou životnost, jsou stabilní v chladném prostředí, ale i při zahřívání. Jejich sladivost je poměrně nízká, je asi 35krát sladší než sacharóza. Jejich samotná chuť je poměrně hořká, a proto se míchají s ostatními sladidly, nejvíce se sacharinem, aspartamem a acesulfamem K, kterými se značně vylepší jejich chuťové vlastnosti. Doporučená denní dávka je 7 mg/kg tělesné hmotnosti/den. Obě soli jsou pevné látky, bezbarvé a bez zápachu. Kyselina cyklamová je velmi silná kyselina (Castro-Muñoz et al., 2022).

Využitelnost cyklamátů je celkem velká, využívají se zejména do nealkoholických a mléčných nápojů. Povolené limity pro využití se pohybují od 150 do 1500 mg/kg, opět záleží na typu potraviny (O'Donnell & Kearsley, 2012; Mortensen 2006).



Obrázek 5. Strukturální vzorec cyklamové kyseliny (Čopíková et al., 2013)

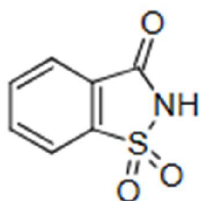
2.6.4. Sacharin a jeho sodná, draselná a vápenatá sůl E 954

Sacharin byl objeven už v roce 1879 Remsenem a Fahlbergem náhodou. Hodně se rozšířil mezi světovými válkami, které zapříčinily nedostatek cukru na trhu (O'Donnell & Kearsley, 2012). Je asi 300krát sladší než sacharóza, jeho chuť je tedy sladká a podobná sacharóze, ale má kovovou a hořkou pachut'. Často se míchá s dalšími sladidly. Získává se chemickou

syntézou. Je mírně rozpustný ve vodě, rozpustný v alkalických roztocích a málo rozpustný v ethanolu. Sacharin má dlouhou dobu použitelnosti (O'Donnell & Kearsley, 2012).

Jeho doporučená denní dávka je 2,5 mg/kilogram tělesné hmotnosti na den. Používá v široké škále potravinářských výrobků a nápojů, včetně stolních sladidel, dezertů, jogurtů, zmrzliny, pečiva, džemů, zavařenin, marmelád, nealkoholických nápojů, cukrovinek, hořčice a omáček. Povolené množství se pohybuje od 100 do 500 mg/kg v závislosti na kategorii potravin (Mortensen, 2006; Rajchl, 2019).

O jeho bezpečnosti je velmi často diskutováno, protože některé studie potvrdily, že při velmi vysokých dávkách stojí za nádory v močovém měchýři u potkanů, ale pozdější studie na zvířatech, potvrdily, že sacharin nemá karcinogenní účinek na jiné druhy živočichů (Mortensen, 2006; O'Donnell & Kearsley, 2012).

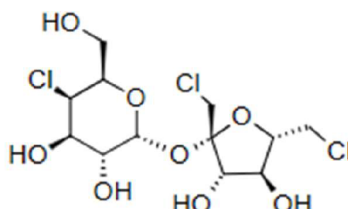


Obrázek 6. strukturální vzorec sacharinu (Čopíková et al., 2013)

2.6.5. Sukralosa E 955

Sukralosa nebyla objevena náhodou, ale byla výsledkem rozsáhlého výzkumu, který se konal v 70. letech 20. století. Je vyráběna nahrazením 3 hydroxylových skupin, 3 atomy chloru na molekule sacharózy. Strukturálně je tedy velmi podobná sacharóze, ale je 600krát sladší. Doporučená denní dávka je 15 mg/kg tělesné hmotnosti. Sukralosa je bílý krystalický prášek, bez zápachu, chutí je podobná sacharóze. Je vhodná pro široké použití v potravinářství, díky své stálosti při různých teplotách a různém pH. Díky její vysoké sladivosti stačí využít ke slazení jen malé množství. V potravinářství je hojně využívána při výrobě nápojů, ve kterých podle studií vydrží i půl roku beze změny, dále se využívá v mléčných výrobcích, především ve zmrzlínách a mléčných nápojích, a nakonec i v pekařských výrobcích (AL-Ishaq et al., 2023; Castro-Muñoz et al., 2022; O'Donnell & Kearsley, 2012).

V těle není metabolizována a nevstřebává se, je vyloučena ve stolici. Nicméně některé studie poukazují na možné narušování trávicích procesů a tím i rizikovost pro vznik obezity nebo onemocnění diabetes mellitus, protože zvyšuje obsah glukózy a inzulínu (AL-Ishaq et al., 2023).



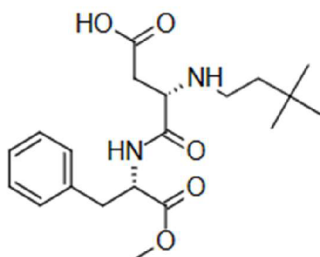
Obrázek 7. Strukturální vzorec sukralozy (Čopíková et al., 2013)

2.6.6. Neotam E 961

Po velkých komerčních úspěších aspartamu, byla velká poptávka po nových sladidlech, která budou mít vyšší sladivost, vylepšenou stabilitu a budou vyráběna za levnější náklady. A tímto vzniknul jako derivát aspartamu neotam. Neotam je asi 7000krát sladší než sacharóza. Má sladkou chuť podobnou sacharóze a nemá hořkou ani kovovou vedlejší chuť. Jeho pachutí je mírně lékořicová, tato vedlejší chuť je méně výrazná při zamíchání s jinými sladidly (Castro-Muñoz et al., 2022; O'Donnell & Kearsley, 2012; Mortensen, 2006).

Neotam je bílá krystalická látka, poměrně dobře rozpustná ve vodě, nejstabilnější je v pekařských a mléčných produktech. Neotam je rychle metabolizován a zcela eliminován a v těle se nehromadí. Hlavní metabolickou cestou je hydrolyza metylesteru, při níž vzniká deesterifikovaný neotam a metanol. Doporučená denní dávka je 2 mg/kg tělesné hmotnosti/den (O'Donnell & Kearsley, 2012; Rajchl, 2019).

Vzhledem k tomu, že ke slazení potravin je zapotřebí jen velmi malé množství neotamu, považuje se příjem methanolu, který může být důsledkem konzumace potravin a nápojů, za



Obrázek 8. strukturální vzorec Neotamu (Čopíková et al., 2013)

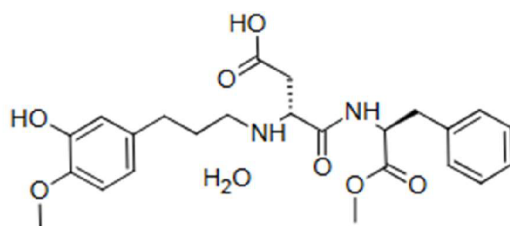
zanedbatelný ve srovnání s příjmem z jiných zdrojů potravy. Neotam není přímo metabolizován na fenylalanin a dostupnost této aminokyseliny je zanedbatelná. Zvýšená expozice fenylalaninu při konzumaci neotamu se proto nepovažuje za zdravotně významnou pro osoby trpící fenylketonurií. Využívá se v mléčných produktech, žvýkačkách, kde vytváří dlouhotrvající sladkou chuť, omáčkách, tyčinkách a přípravcích pro svěží dech (O'Donnell & Kearsley, 2012; Mortensen, 2006).

2.6.7. Sůl aspartamu-acesulfamu E 962

Sůl aspartamu-acesulfamu je 350krát sladší než sacharóza. Skládá se z 64 % z aspartamu a ze 36 % z acesulfamu. V těle se na ně metabolizuje. Aspartam-acesulfamová sůl je schválena pro různá použití v potravinách, nápojích a stolních sladidlech (Aspartame-acesulfame salt fact sheet, 2015).

2.6.8. Advantam E 969

Advantam, je stejně jako neotam syntetizován z aspartamu a byl schválen teprve v roce 2014. Je 7000-47000krát sladší než sacharóza a 70-120krát sladší než aspartam. Doporučená denní dávka je 15 mg/kg hmotnosti. Jeho chuť je čistá, sladká a velmi podobná aspartamu, i když se mnou vyskytnou slabé hořké a kyselé tóny. V tekutých formách dochází k degradaci a celkovému poklesu sladké chuti, naopak v suché formě je stabilní a má velmi široké využití v potravinářství (O'Donnell & Kearsley, 2012; Castro-Muñoz et al., 2022).



Obrázek 9. Strukturální vzorec advantamu (Čopíková et al., 2013)

3. Využití sladidel v potravinářském a farmaceutickém průmyslu

3.1. Obchodní označování potravin obsahujících sladidla

Aby se spotřebitel dozvěděl, co daný produkt obsahuje je důležité, aby si přečetl složení společně s nutričním štítkem. Mimo to již etiketa obsahuje informace, jakým způsobem je výrobek oslazen. Například když je na etiketě uvedeno „bez cukru“ znamená to, že výrobek může obsahovat do 0,5 g cukru na 100 g nebo 100 ml, ale zpravidla tyto potraviny obsahují náhradní sladidla. Etiketa může také obsahovat nápis „bez přidaného cukru“, což znamená, že do výrobku nebyly přidány monosacharidy či disacharidy nebo jiná látka známá pro sladivé vlastnosti při výrobě potraviny, ale pokud potravina obsahuje cukry přirozeně, mělo by být uvedeno „obsahuje přirozeně se vyskytující cukry“. Na výrobku může být ještě jeden typ označení a tím je, že se jedná o výrobek s nízkým obsahem cukru, tento typ označení lze použít, když výrobek neobsahuje více než 5 g cukru na 100 g u pevných výrobků a u tekutých výrobků je to 2,5 g cukru na 100 ml. (dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006)

3.2. Využití sladidel v potravinářství

Česká republika v dnešní době nabízí velmi pestrou nabídku potravinových produktů, mezi které se mohou řadit i ty s redukcí energetické hodnoty nebo jiným vylepšením nutričního složení. (Rajchl, 2019) Stále se zvyšující poptávka od spotřebitelů po bezpečných a zdravých potravinách bez použití umělých konzervačních látek s prodlouženou trvanlivostí se stává i nadále velkou výzvou pro výrobce potravinářských výrobků (Ojo Kayode et al., 2019).

I když prvotně šlo výrobky pro pacienty s onemocněním diabetes mellitus, nyní lze najít velmi široké spektrum výrobků s nízkou energetickou hodnotou, mezi které se řadí např. nápoje, mléčné produkty, cukrovinky, pečivo, žvýkačky atd (Michalová, 2006; Doležal, 2008).

Nadměrná konzumace přidaného cukru je negativně spojena s řadou nepříznivých účinků na lidské zdraví (diabetes mellitus, obezita), ale výměnou cukru za náhradní sladidla se může účinně snížit obsah cukru ve výrobku. Nadměrná konzumace je zapříčiněna především konzumací tzv. skrytých cukrů nebo energeticky bohatých potravin a nápojů s nízkým obsahem živin (Luo et al., 2019; Rajchl 2019).

3.2.1. Využití sladidel v nealkoholických nápojích

Mezi nejčastěji užívané nealkoholické nápoje patří limonády, ochucené minerální a pitné vody, ovocné nápoje a ovocné šťávy. Vymezení a členění je popsáno ve vyhlášce č. 248/2018 Sb., o požadavcích na nápoje, kvasný ocet a droždí.

Nejvíce užívanými sladidly používaných pro produkci nealkoholických nápojů jsou aspartam, acesulfam K, sacharin, stévie, xylitol a neotam. Také se využívá různých kombinací nebo částečných náhrad cukrů, u kterých je třeba dbát na možnost ztráty chuti nebo barvy v kyselém prostředí (Castro-Muñoz et al., 2022; Rajchl, 2019).

Od roku 2013 do roku 2022 dochází ke snižování spotřeby nealkoholických nápojů ve všech kategoriích na obyvatele za rok, ale mezi nejužívanějšími nápoji stále jsou limonády (Český statistický úřad, 2022).

3.2.2. Využití sladidel v mléčných produktech

Obsah sacharózy bývá v mléčných výrobcích poměrně navýšen, a je zde proto prostor pro snížení, zejména u dětských produktů (Rajchl, 2019)

Mléčné produkty, které mají příchut' jsou obvykle slazené. Do jogurtu se často přidávají sladidla a aroma, aby byly chutnější. Přidáním těchto složek však může ovlivnit proces kvašení a také jeho fyzikální a senzorické vlastnosti. Aspartam, dodává mléčným výrobkům sladkou chuť, zvýrazňuje jejich příchutě a nepůsobí na proces fermentace jogurtů. Acesulfam K se zase může využít i pro mléčné výrobky, které prochází tepelnou úpravou a není ani rozkládán bakteriemi mléčného kvašení (O'Donnell & Kearsley, 2012).

3.2.3. Využití náhradních sladidel v cukrovinkách

Mezi cukrovinky patří marcipán, karamely, želé, dražé, chalva, rahatem, turecký med, lékořičové, fondánové a pěnové (marshmallow) cukrovinky, komprimáty, žvýkačky, roksy, dropsy, furé, ale i cukrovinky obsahující kakaové prvky, mezi jejich primární složku patří přírodní sladidla nebo sladidla. Mezi cukrovinky naopak nepatří čokoláda a čokoládové bonbony ani kakaový prášek. (76/2003)

Marcipán musí obsahovat přinejmenším jednu část surové marcipánové substance složené nejméně z poloviny z loupaných mandlí a nejvíce z poloviny cukrem. Z nejvýše jedné části cukrové moučky (dle Zákona č. 76/2003 Sb.).

Karamely obsahují většinou kondenzované mléko, tuk, cukr, glukózový sirup a emulgátory, bývají žvýkavé a tvárné (Rajchl, 2019; dle Zákona č. 76/2003 Sb.).

Dropsy a furé jsou cukrovinky z kandytové hmoty, bývají různě obarvené přírodními barvivy a ochucené. Vyrobené jsou z cukru a glukózového sirupu, ale obě tyto látky mohou být nahrazené často maltitolem a isomaltem, a malého množství vody. (Rajchl, 2019; dle Zákona 76/2003)

Žvýkačky mají velmi poddajnou a gumovou texturu, různé příchutě a ze sladidel běžně obsahují sorbitol, xylitol, aspartam, mannitol, acesulfam K a sukralosu (dle Zákona č. 76/2003 Sb.; O'Donnell & Kearsley, 2012).

Na trhu se stále objevují nové receptury, které je důležité pravidelně kontrolovat. Do hledání nových vhodných receptur a kombinací, se totiž vynakládá výrobci velmi velké úsilí, převážně díky stále se zvyšujícím se nárokům spotřebitelů (Čopíková, 1999; Rajchl, 2019).

3.2.4. Využití sladidel v pekařských produktech

Koláče a sušenky jsou oblíbené potraviny, kterými si do jídelníčku přidáváme značné množství přidaného cukru. Změna složení ve výrobku může umožnit účinné snížení obsahu cukru ve stravě, aniž by došlo ke změně stravovacího režimu (Luo et al., 2019).

Jemné pečivo obvykle vyžaduje pro úpravu ve vodě rozpustné kypřicí látky. V běžných výrobcích je cukr objemovou složkou i sladidlem. Aby u sladkého pečiva nedocházelo ke zřetelným změnám lze objem sacharózy snížit na 10 %. Pekařské výrobky bez cukru s přijatelnou strukturou lze proto vyrábět pouze tehdy, když polyalkoholy nahrazují funkci cukru. Proto lze polyalkoholy kombinovat s cukrem nebo s jinými objemovými činidly téměř ve všech takových pekařských výrobcích (O'Donnell & Kearsley, 2012; Luo et al., 2019).

Acesulfam K nemá ani žádný vliv na strukturu nebo vzhled. Polyalkoholy a acesulfam K nepodléhají Maillardovým hnědnoucím reakcím, takže jsou trochu světlejší. Tmavší barvy lze však dosáhnout přidáním malého objemu fruktózy. Mezi další použitelná sladidla kromě polyalkoholů patří aspartam, sacharin, steviol glykosidy, které ale snižují objem (O'Donnell & Kearsley, 2012; Rajchl, 2019; Luo et al., 2019).

3.2.5. Využití jako stolní sladidlo

Na trhu najdeme v dnešní době stolní sladidla již běžně ve formě tablet, prášků nebo v tekuté formě. Tablety se dělí na dva druhy, a to šumivé a pak ty s přidavkem rozpadavých látek. Do tekutých stolních sladidel se přidávají citrátové pufrы, aby jim prodloužily životnost, aby zůstaly beze změn. Doporučené je také přidání sorbanu draselného, který zabraňuje růstu mikroorganismů. Při použití je důležité také myslet na jaký záměr a typ potraviny je stolní sladidlo nebo jejich směs vyrobena. Mezi nejčastěji užívanými sladidly je stévie, erythritol, acesulfam K a aspartam (O'Donnell & Kearsley, 2012).

3.3. Využití sladidel ve farmaceutickém a kosmetickém průmyslu

Ve farmaceutickém prostředí se náhradní sladidla nejčastěji využívají pro zvýraznění sladké chuti v přípravcích určených k perorálnímu užití a tím zvýšit jejich akceptovatelnost. V kosmetických produktech se často využívají do ústních vod a zubních past. Tyto sladidla

musí předcházet ve výrobku vysušení a ztvrdnutí, k tomuto účelu se nejvíce hodí glycerol a sorbitol (Račická, 2012; O'Donnell & Kearsley, 2012; Plaza-Diaz et al., 2020).

4. Vliv náhradních sladidel na lidské zdraví

4.1. Důvody k používání náhradních sladidel

K využívání náhradních sladidel může vést několik rozdílných důvodů například cena, která bývá mnohdy nižší než u klasického cukru, snížení obsahu kalorií v potravinách, prevence a ochrana před zubním kazem nebo jeden z nejčastějších důvodů a tím je diabetes mellitus. (Račická, 2012)

Součástí této kapitoly je také krátká sumarizace dohledaných studií, která se zaměřuje na vliv náhradních sladidel na lidské zdraví na základě nových poznatků.

4.2. Obezita

Nabývající počet obézních lidí po celém světě, stále více zatěžuje systém. Jen v roce 2022 1 z 8 lidí ve světě trpěl obezitou, to znamená přibližně 890 milionů dospělých, 37 milionů dětí mladších pěti let a 160 milionů dětí a dospívajících ve věku 5-19 let. Obezita může za 10-13 % úmrtí v Evropě. V posledních letech začíná být obezita problémem i v zemích s nízkými a středními příjmy (Brychta & Brychtová, 2011; WHO, 2024).

Obezita je chronické onemocnění, jež je výsledkem dlouhodobé nerovnováhy mezi vyšším energetickým příjmem a posléze jejím výdejem (WHO, 2024).

Obezitu hodnotíme dle ideální hodnoty tělesné hmotnosti BMI (Body Mass Index), což je vlastně tělesná hmotnost v kilogramech na metr čtverečný tělesné výšky v metrech. V tabulce 2. jsou uvedeny hodnoty BMI a jejich kategorie, tato metoda měření není příliš přesná, jelikož neodráží, jakou část tvoří v organismu tuk. Důležitým bodem je také obvod pasu, obvod u muže by se měl pohybovat pod hranicí 94 cm a u ženy pod 80 cm. U mužů se tuk hromadí více v abdominální oblasti, která je spojená s metabolickými a kardiovaskulárními onemocněními a u žen se tuk ukládá více v oblastech hýždí a stehien (Brychta & Brychtová, 2011; Zeman, 2005)

Tabulka 2. hodnoty BMI a jednotlivé kategorie (vlastní zpracování dle Brychta & Brychtová, 2011)

BMI	Kategorie
pod 18,5	Podváha
18,5-24,9	Normální stav
25-29,9	Nadváha
30-34,9	Obezita 1.stupně
35-39,9	Obezita 2.stupně
40 a více	Obezita 3.stupně

Mezi zdravotní rizika způsobována obezitou patří především kardiovaskulární onemocnění, diabetes, ortopedické komplikace hlavně degenerativní onemocnění, psychosociální a také zvýšené riziko vzniku nádorů (WHO 2024; Brychta & Brychtová, 2011; O'Donnell & Kearsley, 2012).

Doporučenou prevenci lze dle Světové zdravotnické organizace splňovat v každé fázi života, počínaje již od prenatálního období, zajištěním přiměřeného zvýšení hmotnosti během těhotenství, pokračuje podporou zdravého stravování především snižováním obsahu sacharidů, soli a tuků, fyzické aktivity a celkového zdravého životního stylu. Je opět důležité sledovat ostatní rizikové faktory chronických onemocnění jako jsou glykémie a krevní tlak (2024).

K nejověřenějšímu východisku při řešení již vzniklé obezity se jeví dlouhodoběji udržitelné pohybové aktivity spojené s kalorickým deficitem, kterého lze mimo jiné dosáhnout právě i konzumováním potravy obsahující nízkokalorická sladidla. Souhrnně lze říci, že dospělí, kteří bojují s obezitou, mají často vysokou preferenci sladké chuti, mohou tedy mít ze správného používání sladidel prospěch (Reimisz, 2023; Brychta & Brychtová, 2011)

Nedávné přehledy přinesly informace, že při konzumování nekalorických sladidel namísto sacharidů dochází ke snížení tělesné hmotnosti (Rogers et al., 2016).

4.3. Diabetes Mellitus

Diabetes mellitus neboli lidově cukrovka, je chronické onemocnění způsobené celkovým nebo částečným nedostatkem inzulínu, zpravidla doprovázeno hyperglykemií. Rozdělujeme jej na 2 skupiny Diabetes mellitus 1. typu a 2. typu (Karen & Svačina, 2020). Dle WHO (2023) je v současnosti celosvětově zasaženo okolo 400 milionů obyvatel. Příznaků diabetu je několik, ale mezi nejdůležitější patří časté močení, stálá žízeň, velký hlad, rozmazané vidění, hubnutí

bez příčiny, únava a pomalu se hojící rány. Řadí se mezi hlavní příčiny selhání ledvin, infarktu, mrtvice, slepoty a amputací dolních končetin. (WHO, 2023).

4.3.1. Glykemický index

Glykemický index byl zaveden v 80. letech 20. století jako systém pro hodnocení určité potraviny s potravinou standartní na základě jejich vlivu na hladinu glukózy v krvi. Původně používané jako takový návod pro výběr potravin vhodných pro diabetiky. Je to bezrozměrné číslo. Hodnoty glykemického indexu se určují reakcí na 50 g sacharidů, při měření každé 2 hodiny s podáním potraviny nalačno, referenčním bodem je glukóza s hodnotou indexu 100. Glykemický index je nízký, když je poměr fruktózy ke glukóze vysoký. Potraviny můžeme podle glykemického indexu rozdělit nejčastěji do tří kategorií, na potraviny s nízkým glykemickým indexem, který má index 0-55, potraviny se středním glykemickým indexem s indexem 56-69 a potraviny s vysokým glykemickým indexem, u kterých je index nad 70. V této klasifikaci se uvádí glykemický index ve 100 g. V České republice se v kalorických tabulkách glykemický index uvádí nepovinně, avšak potraviny s nízkým glykemickým indexem jsou užitečné i u zdravé populace jako prevence a snížení rizika vzniku diabetu, kardiovaskulárních onemocnění a některých druhů nádorových onemocnění (Venn & Green, 2007; O'Donnell a Kearsley, 2012)

Tabulka 3. Glykemické indexy jednotlivých sladidel, zmíněných v této práci (vlastní zpracování dle Čopíková et al., 2013)

Sladidlo	Glykemický index
Glukóza	100
Sacharóza	65
Laktóza	45
Maltitol	35
Fruktóza, Galaktóza	23
Xylitol	12
Acesulfam K, Aspartam, Cyklamát, Stévie	0

4.3.2. Diabetes Mellitus I. typu

Diabetes mellitus I. typu způsobuje porucha sekrece inzulínu především s imunologicky zprostředkovaným zničením beta buněk v Langerhansových ostrůvcích pankreatu, které směřuje k absolutnímu nedostatku inzulínu (Harreiter et al.; WHO, 2023)

Tento typ diabetu se obvykle projeví před 40 rokem života, ale nejčastěji se projeví už v dětství. Léčba se provádí inzulinovými jehlami (Havlík & Marounek, 2013).

4.3.3. Diabetes Mellitus II. typu

Více než 95 % lidí trpící diabetem má diabetes mellitus 2. typu, dříve se vyskytoval pouze u dospělých, ale začíná se častěji vyskytovat i u dětí. Lze mu do ze značné části předejít (WHO, 2023). Symptomy mohou často projít bez povšimnutí a vyvíjet se po několik let. Mezi rizikové faktory patří obezita, věk starší 45 let, nízká pohybová aktivita, genetické predispozice, které postupně vedou až ke snížené efektivitě inzulinu a špatnému vylučování, nazývané inzulinová rezistence (WHO, 2023).

Pro osoby s diabetem 2. typu je doporučeno omezit jejich denní příjem rychle stravitelných sacharidů mezi které se řadí například rýže, bílé pečivo, brambory a sirupy (Velíšek & Hajšlová, 2009).

4.4. Zubní kaz

Zubní kaz je jedno z nejrozšířenějších chronických onemocnění na celém světě, náchylnost ke vzniku toho onemocnění je po celý život, ale je velmi dobře preventabilní zejména v dětském věku. Patří mezi hlavní příčiny ztráty a bolesti zubů. Vzniká složitou interakcí mezi bakteriemi, fermentovanými cukry a tvrdými zubními tkáněmi, kdy dochází k rozpadu organické části a demineralizaci zubů. Riziko vzniku zubního kazu zahrnuje fyzikální, biologické, environmentální, behaviorální a s životním stylem související faktory, jako je vysoký počet kariogenních bakterií, špatná ústní hygiena a s tím spojená přítomnost zubního plaku, který vytváří dokonalé prostředí pro existenci mikroorganismů. Výskyt bakterie *Streptococcus mutans* v ústní dutině značí vysoký výskyt sacharidů ve stravě. Tato bakterie přeměňuje sacharidy na kyseliny, které oslabují zubní tkáň (Bučková et al., 2016; Selwitz et al., 2007).

Toto onemocnění není ve většině případů závažné, ale velmi často ovlivňuje kvalitu života, jelikož může způsobovat citlivost, bolest a je velmi nákladné. Ve vzácných případech, kdy se zubní kaz dostane až k nervu může způsobit absces, který se rozšíří dále a může být i letální. Účinnou primární prevencí je především zaměřit se na rizikové faktory a předcházet jim díky správné a pravidelné ústní hygieně, používáním zubních past s obsahem fluoridu a pravidelné návštěvě zubního lékaře (Selwitz et al., 2007)

4.5. Vliv náhradních sladidel na lidské zdraví

Tato podkapitola se zabývá sumarizací vlivu náhradních sladidel na lidské zdraví, dle dostupných studií. Nejvíce studií obsahujících náhradní sladidla věnuje pozornost k možnosti

vzniku obezity, diabetu, zubního kazu a karcinogenity. Novější studie se začínají čím dál více zaměřovat na střevní mikroflóru, kardiovaskulární účinky, kognitivní a neurologické účinky jako jsou bolesti hlavy a deprese.

V této bakalářské práci jsou zahrnuté podrobněji studie týkající se rizika vzniku obezity, diabetu a zubního kazu.

4.5.1. Vliv náhradních sladidel na riziko vzniku obezity

Miller a Perez (2014) se ve své studii zaměřili na zhodnocení účinnosti náhradních sladidel jako nástroje pro úpravu tělesné hmotnosti. Byl proveden systematický přehled, meta-analýza, která obsahovala 9 observačních a 15 randomizovaných kontrolovaných studií. Randomizované kontrolované studie ukázaly, že konzumace náhradních sladidel má mírný, ale statisticky významný dopad na snížení tělesné hmotnosti ve srovnání s kontrolní skupinou, dále studie také naznačily snížení BMI a tělesného tuku u jedinců požívající náhradní sladidla, při srovnání s těmi, kteří konzumovali sacharidy nebo placebo. Výsledky této studie naznačují pozitivní vliv náhradních sladidel na snížení tělesné hmotnosti.

Kdežto kohortová studie Chia et al. (2016) trvající od roku 1984 do roku 2012, které se zúčastnilo 1464 účastníků a mediánem sledování bylo 10 let, poukazuje na významné zvýšení BMI a zvětšený obvod pasu u jedinců, kteří konzumovali náhradní sladidla. Tato studie se soustředila na spojitost vzniku abdominální obezity s užíváním náhradních sladidel. Výsledek této studie naznačuje, že nízkokalorická sladidla nemusí působit pozitivně na regulaci a snižování hmotnosti, ale i sami tvůrci studie přiznávají, že výsledky mohou být modifikovány kvalitou stravy jedinců, kteří užívají dietní limonády s obsahem náhradních sladidel, protože mají většinou větší obvod pasu než ti, kteří konzumují zdravou a kvalitní stravu bez dietních limonád. Toto tedy značí, že kvalita stravy může být matoucím faktorem ve vztahu mezi užíváním nízkokalorických sladidel a rozvojem obezity.

Z dohledaných výsledků se může zdát, že při krátkodobé užívání mají tendenci náhradní sladidla snižovat tělesnou hmotnost v porovnání se sacharidy. Tyto výsledky jsou však v některých případech statisticky nevýznamné. Naopak při dlouhodobém užívání naznačují observační studie, že jejich konzumace může být spojena s mírným zvýšením BMI a tělesné hmotnosti (Toews et al., 2019).

4.5.2. Vliv náhradních sladidel na diabetes

Azad el al. (2017) cílil ve své studii na zkoumání účinků nekalorických náhradních sladidel na glykemickou kontrolu u lidí s diabetem. Studie se účastnilo 150 jedinců s diagnostikovaným diabetem 2. typu a byli rozděleni do tří skupin podle konzumovaného sladidla, jedna skupina

konzumovala aspartam další sukralózu a třetí sacharózu. Studie probíhala po dobu 12 týdnů a hlavními měřenými indikátory byly hladiny HbA1c, což je indikátor dlouhodobé glykemické kontroly, dále hladiny glukózy nalačno a inzulínová odpověď. Výsledky značí, že po 12 týdnech nebyly mezi skupinami významné rozdíly v hladinách HbA1c, což naznačuje že konzumace aspartamu a sukralózy neměla negativní dopad na dlouhodobou glykemickou kontrolu ve srovnání s kontrolní skupinou, dále že aspartam a sukralóza nevedly k žádnému významnému zvýšení hladin glukózy nalačno a nakonec, že nekalorická sladidla nevedla k výraznému zvýšení inzulínové odpovědi ve srovnání se sacharózou. Výsledky této studie tedy naznačují, že nekalorická sladidla, jako jsou aspartam a sukralóza, mohou být použity při snižování kalorického příjmu a kontrolování hladin glukózy v krvi.

Nekalorická sladidla pravděpodobně nemají vliv na inzulín a ani nestimulují inzulínovou sekreci ve stejné míře jako přírodní sladidla, což z nich dělá dobré potravinové doplňky pro diabetiky. Také mohou být využita ke snížení energetického obsahu v jídelníčku, aniž by tím přispívali ke zvýšené chuti k jídlu.

4.5.3. Vliv náhradních sladidel na zubní kaz

Luo et al. (2024) se ve svém přehledu a meta-analýze zaměřil na vliv náhradních sladidel na prevenci zubního kazu u stálých zubů dětí a dospívajících ve věku od 6 do 19 let. Výzkum se zaměřil na porovnání účinnosti různých náhradních sladidel v porovnání se sacharidy nebo placebem. Meta-analýza zahrnovala výsledky z 15 studií z různých geografických lokalit a různých etnik. Bylo zjištěno, že děti a dospívající, kteří konzumovali náhradní sladidla měli nižší výskyt zubního kazu, dále vykazovaly, že různé typy sladidel mají rozdílnou účinnost, přičemž vyzdvihovaly xylitol, který nejvíce redukoval výskyt zubního kazu a také, že studie s delším trváním poskytovaly silnější důkazy o dlouhodobých výhodách používání náhradních sladidel. Výsledky studie tedy naznačují, že náhradní sladidla mohou účinným prostředkem prevence zubního kazu u dětí a dospívajících.

Závěr

Náhradní sladidla představují stále větší součásti moderní výživy a jsou často používána jako alternativa k tradičním cukrům. Tato práce obsahuje jejich kompletní přehled, který obsahuje různé aspekty, včetně jejich funkcí a využití v potravinářském průmyslu. Náhradní sladidla se dělí na přírodní a umělá poskytují mnohonásobně sladší chuť s minimálním nebo žádným kalorickým příjmem na rozdíl od cukrů, které se od nich vizuálně neliší.

V potravinářském průmyslu se náhradní sladidla používají k redukci kalorického obsahu potravin a nápojů, což pomáhá při kontrole množství kalorií. Ve farmaceutickém průmyslu jsou sladidla přidávána do léků, zejména do sirupů a žvýkacích tablet, aby zlepšila jejich chuť

Na závěr této práce jsem zařadila porovnání studií zabývajících se vlivem náhradních sladidel na lidské zdraví, které přinesly smíšené výsledky. Výzkumy naznačují, že náhradní sladidla mohou být užitečná při snižování příjmu kalorií a kontrole tělesné hmotnosti. Nicméně, některé studie ukazují na možné změny v chuti k jídlu a metabolismu, což může ovlivnit jejich dlouhodobou účinnost v prevenci obezity. Pro osoby s diabetem jsou náhradní sladidla často doporučována, protože nezpůsobují rychlé zvýšení hladiny glukózy v krvi. Přesto je důležité sledovat individuální reakce na tato sladidla, protože některé mohou ovlivnit střevní mikrobiom a metabolismus glukózy. Xylitol a některá další náhradní sladidla mají prokazatelný přínos v prevenci zubního kazu. Díky svým vlastnostem a schopnosti redukce zubního plaku mohou náhradní sladidla významně přispět k udržení orálního zdraví. Většina studií ukazuje, že krátkodobé užívání náhradních sladidel je bezpečné, ale účinky jednotlivých sladidel se při dlouhodobém užívání liší a nikdy nejsou plně rozpoznatelné.

Náhradní sladidla nabízejí řadu výhod, přesto si myslím, že je důležité do budoucna se zaměřit více na dlouhodobé účinky, a především jejich vlivu na střevní mikroflóru.

Na základě těchto důkazů lze tedy tvrdit, že mohou náhradní sladidla hrát významnou roli ve zdravé výživě a prevenci chronických onemocnění, pokud jsou používána s rozumem a v souladu s nejnovějšími doporučeními.

Seznam použité literatury

AL-Ishaq, R. K., Kubatka, P., & Büsselberg, D. (2023). Sweeteners and the Gut Microbiome: Effects on Gastrointestinal Cancers. *Nutrients*, 15(17), 3675. <https://doi.org/10.3390/nu15173675>

Aspartame-acesulfame salt fact sheet. (2015). International Sweeteners Association. Retrieved April 22, 2024, from <https://www.sweeteners.org/safety-regulation/>

Azad, M. B., Abou-Setta, A. M., Chauhan, B. F., Rabbani, R., Lys, J., Copstein, L., Mann, A., Jeyaraman, M. M., Reid, A. E., Fiander, M., MacKay, D. S., McGavock, J., Wicklow, B., & Zarychanski, R. (2017). Nonnutritive sweeteners and cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials and prospective cohort studies. *Canadian Medical Association Journal*, 189(28), E929-E939. <https://doi.org/10.1503/cmaj.161390>

Basson, A. R., Rodriguez-Palacios, A., & Cominelli, F. (2021). Artificial Sweeteners: History and New Concepts on Inflammation. *Frontiers in Nutrition*, 8, 1-15. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.746247>

Brown, R. J., de Banate, M. A., & Rother, K. I. (2010). Artificial Sweeteners: A systematic review of metabolic effects in youth. *International Journal of Pediatric Obesity*, 5(4), 305-312. <https://doi.org/10.3109/17477160903497027>

Brychta, T., & Brychtová, S. (2011). Obézní pacient v lékařské ordinaci. *Interní medicína pro praxi*, 13(1), 28-30. https://www.internimedicina.cz/artkey/int-201101-0007_Obezni_pacient_v_lekarske_ordinaci.php

Bučková, M., Dostálová, T., Kašparová, M., Buček, A., Ginzlová, K., & Drahoš, M. (2016). Prevention of dental caries in the office of general practitioner - dental status of patients treated in general anesthesia. *Pediatric pro praxi*, 17(2), 96-100. <https://doi.org/10.36290/ped.2016.021>

Castro-Muñoz, R., Correa-Delgado, M., Córdova-Almeida, R., Lara-Nava, D., Chávez-Muñoz, M., Velásquez-Chávez, V. F., Hernández-Torres, C. E., Gontarek-Castro, E., & Ahmad, M. Z.

(2022). Natural sweeteners: Sources, extraction and current uses in foods and food industries. *Food Chemistry*, 370, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130991>

Chia, C. W., Shardell, M., Tanaka, T., Liu, D. D., Gravenstein, K. S., Simonsick, E. M., Egan, J. M., Ferrucci, L., & Meyre, D. (2016). Chronic Low-Calorie Sweetener Use and Risk of Abdominal Obesity among Older Adults: A Cohort Study. *PLOS ONE*, 11(11), 1-15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167241>

Čopíková, J. (1999). Náhrady sacharosy a tuku v čokoládových a nečokoládových cukrovinkách. *Chemické listy*, 93(1), 3-14. http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/1999_01_3-14.pdf

Čopíková, J., Moravcová, J., Wimmer, Z., Opletal, L., Lapčík, O., & Drašar, P. (2013). Náhradní sladidla. *Chemické listy*, 107(11), 867–874. <http://w.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/732>.

Doležal, M. (2008). Sladidla používaná ve farmacii a potravinářství; 1. Přírodní sladidla. *Praktické lékárenství*, 4(6), 306-309. <https://www.solen.cz/pdfs/lek/2008/06/09.pdf>
GSFA Online. (c2024). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved April 11, 2024, from <https://www.fao.org/gsfonline>

Havlík, J., & Marounek, M. (2013). Živiny a živinové potřeby člověka: učebnice pro studenty ČZU v Praze (2. vyd). Česká zemědělská univerzita.

Harreiter, J., & Roden, M. (2023). Diabetes mellitus – Definition, Klassifikation, Diagnose, Screening und Prävention (Update 2023). *Wiener klinische Wochenschrift*, 135(S1), 7-17. <https://doi.org/10.1007/s00508-022-02122-y>

Honzík, T., & Zeman, J. (2023). Dědičné poruchy metabolismu sacharidů, glykogenu, glykosaminoglykanů a glykosylace proteinů. *Česko-slovenská pediatrie*, 78(3), 141-154. doi: 10.55095/CSPediatric2023/019

Healey, R. D., Lebhar, H., Hornung, S., Thordarson, P., & Marquis, C. P. (2017). An improved process for the production of highly purified recombinant thaumatin tagged-variants. *Food Chemistry*, 237, 825-832. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.018>

Chughtai, M. F. J., Pasha, I., Zahoor, T., Khaliq, A., Ahsan, S., Wu, Z., Nadeem, M., Mehmood, T., Amir, R. M., & Tanweer, S. (2020). Nutritional and therapeutic perspectives of *Stevia rebaudiana* as emerging sweetener; a way forward for sweetener industry. *CyTA - Journal of Food*, 18(1), 164-177. <https://doi.org/10.1080/19476337.2020.1721562>

Chia, C. W., Shardell, M., Tanaka, T., Liu, D. D., Gravenstein, K. S., Simonsick, E. M., Egan, J. M., Ferrucci, L., & Meyre, D. (2016). Chronic Low-Calorie Sweetener Use and Risk of Abdominal Obesity among Older Adults: A Cohort Study. *PLOS ONE*, 11(11), 1-15.

Karen, I., & Svačina, Š. (2020). *Diabetes mellitus: doporučené diagnostické a terapeutické postupy pro všeobecné praktické lékaře 2020 (Druhé, aktualizované vydání)*. Centrum doporučených postupů pro praktické lékaře, Společnost všeobecného lékařství.

Luo, X., Arcot, J., Gill, T., Louie, J. C. Y., & Rangan, A. (2019). A review of food reformulation of baked products to reduce added sugar intake. *Trends in Food Science & Technology*, 86(1), 412-425. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.051>

Luo, B. W., Liang, N. L., Townsend, J. A., Lo, E. C. M., Chu, C. H., & Duangthip, D. (2024). Sugar substitutes on caries prevention in permanent teeth among children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Journal of dentistry*, 146, 105069. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.105069>

Marinovich, M., Galli, C. L., Bosetti, C., Gallus, S., & La Vecchia, C. (2013). Aspartame, low-calorie sweeteners and disease: Regulatory safety and epidemiological issues. *Food and Chemical Toxicology*, 60, 109-115. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.07.040>

Martí, N., Funes, L., & Micol, V. (2008). An update on alternative sweeteners. *International Sugar Journal*, 110(1315), 8-10.

Michalová, I. (2006). Značky a informace na potravinách. Sdružení českých spotřebitelů.

Miller, P. E., & Perez, V. (2014). Low-calorie sweeteners and body weight and composition: a meta-analysis of randomized controlled trials and prospective cohort studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 100(3), 765-777.

<https://doi.org/10.3945/ajcn.113.082826>

Mortensen, A. (2006). Sweeteners permitted in the European Union: safety aspects. *Scandinavian Journal of Food and Nutrition*, 50(3), 104-116.

<https://doi.org/10.3402/fnr.v50i3.1588>

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách v plném znění. Retrieved May 19, 2024, from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32008R1333>

Nayak, P. A., Nayak, U. A., & Khandelwal, V. (2014). The effect of xylitol on dental caries and oral flora. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*, 6, 89-94.

<https://doi.org/10.2147/CCIDE.S55761>

O'Donnell, K., & Kearsley, M. (Eds.). (2012). *Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology* (2nd ed.). Wiley

Plaza-Diaz, J., Pastor-Villaescusa, B., Rueda-Robles, A., Abadia-Molina, F., & Ruiz-Ojeda, F. J. (2020). Plausible Biological Interactions of Low- and Non-Calorie Sweeteners with the Intestinal Microbiota: An Update of Recent Studies. *Nutrients*, 12(4), 1153.

<https://doi.org/10.3390/nu12041153>

Račická, E. (2012). Náhradní sladidla, jejich místo v současné diabetologii. *Interní medicína pro praxi*, 14(8-9), 331-335. <https://www.internimedicina.cz/pdfs/int/2012/09/09.pdf>

Rajchl, A. (2019). Reformulace potravin: hodnocení možností reformulací hlavních potravinářských komodit. *Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny*. <https://sch.vscht.cz/wp-content/uploads/reformulace-potravin.pdf>

Reimisz, P. (2023). USE OF LOW-CALORIE SWEETENERS IN TREATING OBESITY. *Health Problems of Civilization*, 17(2), 145-160.

<https://doi.org/10.5114/hpc.2023.128034>

Rogers, P. J., Hogenkamp, P. S., de Graaf, C., Higgs, S., Lluch, A., Ness, A. R., Penfold, C., Perry, R., Putz, P., Yeomans, M. R., & Mela, D. J. (2016). Does low-energy sweetener consumption affect energy intake and body weight? A systematic review, including meta-analyses, of the evidence from human and animal studies. *International Journal of Obesity*, 40(3), 381-394. <https://doi.org/10.1038/ijo.2015.177>

Selwitz, R. H., Ismail, A. I., & Pitts, N. B. (2007). Dental caries. *The Lancet*, 369(9555), 51-59. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)60031-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)60031-2)

Spotřeba potravin. (2022). Český statistický úřad. Retrieved May 15, 2024, from <https://csu.gov.cz/spotreba-potravin?pocet=10&start=0&podskupiny=276&razeni=-datumVydani>

Toews, I., Lohner, S., Küllenberg de Gaudry, D., Sommer, H., & Meerpohl, J. J. Association between intake of non-sugar sweeteners and health outcomes: systematic review and meta-analyses of randomised and non-randomised controlled trials and observational studies. *BMJ*. <https://doi.org/10.1136/bmj.k4718>

Velíšek, J., & Hajšlová, J. (2009). *Chemie potravin (Rozš. a přeprac. 3. vyd)*. OSSIS

Venn, B. J., & Green, T. J. (2007). Glycemic index and glycemic load: measurement issues and their effect on diet–disease relationships. *European Journal of Clinical Nutrition*, 61(1), 122-131. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602942>

World Health Organization. (2023). Diabetes. Retrieved April 28, 2024, from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>

World Health Organization, (2024). Obesity and Overweight. Retrieved April 28, 2024, from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>

Zeman, D. (2005). Obezita a metabolický syndrom. Vnitřní lékařství, 51(1), 72-75. https://www.casopisvnitrnilekarstvi.cz/artkey/vnl-200501-0014_obesity-and-metabolic-syndrome.php

Seznam použitých zkratk

BMI Body Mass Index

WHO World Health Organization

ES Evropské společenství

EU Evropská unie

Sb Sbíрка zákonů

GSFA General Standard for Food Additives

Seznam tabulek

Tabulka 1. Přehled náhradních sladidel a jejich E kódy (vlastní zpracování dle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008).....	15
Tabulka 2. hodnoty BMI a jednotlivé kategorie (vlastní úprava dle Brychta & Brychtová, 2011).....	32
Tabulka 3. Glykemické indexy jednotlivých sladidel, zmíněných v této práci (<i>vlastní zpracování dle Čopíková et al., 2013</i>).....	33

Seznam obrázků

Obrázek 1. Strukturální vzorec steviosidu (O'Donnell & Kearsley, 2012)	19
Obrázek 2. Chemická struktura xylytolu (O'Donnell & Kearsley, 2012)	21
Obrázek 3. Strukturální vzorec acesulfamu K (O'Donnell & Kearsley, 2012)	22
Obrázek 4. Strukturální vzorec aspartamu (Čopíková et al., 2013)	23
Obrázek 5. Strukturální vzorec cyklamové kyseliliny (Čopíková et al., 2013)	23
Obrázek 6. strukturální vzorec sacharinu (Čopíková et al., 2013)	24
Obrázek 7. Strukturální vzorec sukralosy (Čopíková et al., 2013)	25
Obrázek 8. strukturální vzorec Neotamu (Čopíková et al., 2013).....	25
Obrázek 9. Strukturální vzorec advantamu (Čopíková et al., 2013)	26