Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky

Alternativní sladidla ve výživě člověka

Diplomová práce

Bc. Lucie Jáchimová
Výživa a potraviny

doc. Ing. Boris Hučko, CSc.

© 2022 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Alternativní sladidla ve výživě člověka" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14.4.2022 _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu své diplomové práce panu doc. Ing. Borisovi Hučkovi, CSc. za odborné rady, vstřícný přístup, ochotu, trpělivost a čas, který mi po celý čas psaní práce věnoval. Také bych ráda poděkovala všem respondentům, kteří mi poskytli jak své odpovědi, tak svůj čas při vyplňování dotazníkového šetření.

Alternativní sladidla ve výživě člověka

Souhrn

Práce měla za cíl na základě výsledků dotazníkového šetření zmapovat používání jednotlivých alternativních sladidel občanů České republiky. Byla zjišťována preference sladidel, zdali jejich přítomnost ve výrobcích ovlivňuje jejich koupi, jak často je respondenti konzumují a hlavní důvody jejich konzumace. Grafické zpracování výsledků dotazníkového šetření bylo realizováno s využitím programu Microsoft Excel 2016 a statistické vyhodnocení pomocí programu STATISTICA 12.

Tato práce měla za úkol vyhodnotit celkem 4 hypotézy, a to, zda přítomnost alternativních sladidel ovlivňuje výběr potravin či nápojů u respondentů, zda potraviny nebo nápoje obsahující alternativní sladidla konzumuje často alespoň třetina respondentů. Dále zda třetina respondentů konzumuje alternativní sladidla kvůli zdravotním problémům a v poslední řadě, jestli se polovina respondentů domnívá, že alternativní sladidla napomáhají při redukci tělesné hmotnosti. Všechny hypotézy, kromě hypotézy č. 4, byly zamítnuty.

Výsledky dotazníkového průzkumu poukázaly na to, že nejčastějším důvodem konzumace alternativních sladidel u respondentů byla jejich chuť a nízká energetická hodnota ve srovnání s běžným cukrem. Pouze malé množství respondentů alternativní sladidla konzumuje kvůli svému zdravotnímu stavu. Nejvíce preferovanými přírodními sladidly byly med, čekankový sirup, stévie a datlový sirup. Z cukerných alkoholů to byl xylitol, hned poté erythritol. Co se týče umělých sladidel, nejvíce byl preferován sacharin a sukralóza. Nejčastější konzumovanou formou alternativních sladidel byly slazené nápoje, následovaly sladkosti a poté žvýkačky. Nejvíce respondentů uvedlo, že potraviny nebo nápoje s obsahem alternativních sladidel konzumuje občas, tedy maximálně jednou týdně.

Mezi pozitivní vlastnosti alternativních sladidel patří zvláště jejich nízká až nulová energetická hodnota, mnohonásobně vyšší sladivost než u běžného stolního cukru a antikariogenní vlastnosti. Především u polyalkoholů se dávají do popředí jejich probiotické vlastnosti. Všechna sladidla dostupná na trhu v České republice jsou schválena Evropským úřadem pro bezpečnost potravin, kdy jim je přiřazen E kód a hodnota ADI. Pokud je hodnota ADI dodržována, neměla by způsobit jakýkoliv negativní dopad na lidský organismus.

Klíčová slova: umělá sladidla, přírodní sladidla, zdraví, diabetes mellitus, potraviny

Alternative sweetners in human nutrition

Summary

The aim of the work was to map the use of individual alternative sweeteners of the citizens of the Czech Republic on the basis of the results of a questionnaire survey. The preference of sweeteners was determined if their presence in the products or their purchase, how often the respondents consume them and the main reasons for their consumption. Graphic processing of the results of the questionnaire survey was encouraged using Microsoft Excel 2016 and statistical evaluation using STATISTICA 12.

The aim of this work was to evaluate a total of 4 hypotheses, namely whether the presence of alternative sweeteners sells, the choice of food or beverages among respondents, whether food or beverages containing sweeteners are often consumed by at least a third of respondents. Furthermore, whether a third of respondents consume alternative sweeteners due to health problems and, last but not least, whether half of the respondents believe that alternative sweeteners help to reduce body weight. All hypotheses, except hypothesis 4, were rejected.

The results of the questionnaire survey showed that the most common reason for respondents' consumption of alternative sweeteners was their taste and low energy value compared to regular sugar. Only a small number of respondents consume alternative sweeteners due to their health condition. The most preferred natural sweeteners were honey, chicory syrup, stevia and date syrup. Of the sugar alcohols, it was xylitol, followed by erythritol. As for artificial sweeteners, saccharin and sucralose were most preferred. The most common form of alternative sweeteners consumed was sweetened beverages, followed by sweets and then chewing gum. Most respondents stated that they consume food or beverages containing alternative sweeteners occasionally, ie at most once a week.

The positive properties of alternative sweeteners include, in particular, their low to zero energy value, many times higher sweetness than conventional table sugar and anti-cariogenic properties. Especially for polyalcohols, their probiotic properties come to the fore. All sweeteners available on the market in the Czech Republic are approved by the European Food Safety Authority, which is assigned an E code and an ADI value. If the ADI value is observed, it should not cause any negative impact on the human body.

Keywords: artifical sweeteners, natural sweeteners, health, diabetes mellitus, foodstuffs

Obsah

1 Úvod **1**

2 Vědecké hypotézy a cíle práce **2**

2.1 Hypotézy **2**

2.2 Cíle práce **2**

3 Literární rešerše **3**

3.1 Historie alternativních sladidel **3**

3.2 Legislativa alternativních sladidel **3**

3.3 Bezpečnost alternativních sladidel **5**

3.4 Hodnota ADI **5**

3.5 Sladivost alternativních sladidel **6**

3.6 Rozdělení alternativních sladidel **7**

3.6.1 Podle původu 7

3.6.1.1 Přírodní sladidla 7

3.6.1.2 Syntetická sladidla identická s přírodními 7

3.6.1.3 Umělá sladidla 8

3.6.2 Podle doby vzniku 8

3.6.2.1 Sladidla první generace 8

3.6.2.2 Sladidla druhé generace 8

3.6.3 Podle nutriční hodnoty 8

3.6.3.1 Objemová sladidla 8

3.6.3.2 Intenzivní sladidla 8

3.7 Přírodní sladidla **9**

3.7.1 Med 9

3.7.2 Kokosový cukr 10

3.7.3 Javorový sirup 10

3.7.4 Datlový sirup 11

3.7.5 Agávový sirup 11

3.7.6 Rýžový sirup 12

3.7.7 Čekankový sirup 12

3.8 Syntetická sladidla identická s přírodními **13**

3.8.1 Sorbitol E 420 13

3.8.2 Mannitol E 421 14

3.8.3 Maltitol E 965 14

3.8.4 Laktitol E 966 15

3.8.5 Xylitol E 967 16

3.8.6 Erythritol E 968 16

3.8.7 Isomalt E 953 ... 17
3.8.8 Steviol-Glykosidy E 960 ... 17
3.8.9 Thaumatin E 957 ... 18
3.8.10 Neohesperidin DC E 959 ... 18
3.9 Umělá sladidla ... 19
3.9.1 Aspartam E 951 ... 19
3.9.2 Acesulfam-K E 950 ... 20
3.9.3 Neotam E 961 ... 20
3.9.4 Alitam E 956 ... 20
3.9.5 Cyklamát E 952 ... 21
3.9.6 Sacharin a jeho sole E 954 ... 21
3.9.7 Sukralóza E 955 ... 22
3.10 Onemocnění spojená s alternativními sladidly ... 23
3.10.1 Diabetes mellitus ... 23
3.10.2 Obezita ... 24
3.10.3 Zubní kaz ... 25
3.10.4 Nealkoholické ztučnění jater ... 26
3.10.5 Střevní mikrobiom ... 26
3.10.6 Těhotenství ... 27
3.10.7 Rakovina ... 28
4 Metodika ... 30
4.1 Dotazníkové šetření ... 30
4.1.1 Struktura dotazníku ... 30
4.1.2 Soubor respondentů ... 30
4.1.3 Sběr dat ... 30
4.1.4 Zpracování dat ... 30
5 Výsledky ... 31
5.1 Výsledky dotazníkového šetření ... 31
6 Diskuze ... 43
6.1 Dotazníkové šetření ... 43
7 Závěr ... 46
8 Literatura ... 47
9 Samostatné přílohy ... I

1 Úvod

Strava je jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňující zdraví. V posledních letech došlo k velké změně stravovacích návyků. Denní energetický příjem se zvýšil spolu s konzumací živočišných tuků, energeticky bohatých potravin a potravin obsahující velké množství cukrů, zatímco příjem vlákniny se znatelně snížil. Tento dietní zvrat přispívá k nárůstu civilizačních onemocnění, včetně obezity, diabetu mellitu 2.typu, kardiovaskulárních onemocnění a rakoviny. Bylo zjištěno, že nesprávná strava je ve světě hlavním rizikovým faktorem úmrtí a také ztráty let života.

Obezitě a s ní souvisejícím metabolickým poruchám, včetně diabetu mellitu 2. typu, kardiovaskulárních onemocnění a ztučnění jater je však možné předejít. Příjem cukru přispívá k vyššímu dennímu energetickému příjmu, čímž podporuje riziko vzniku obezity. Především konzumace slazených nápojů cukrem. Z důvodu vysokého příjmu cukru, byla snaha, jak tento problém eliminovat. Proto se jedním z přístupů ke zlepšení energetické rovnováhy a omezením cukrů ve stravě stala náhrada cukru alternativními sladidly. Přestože Světová zdravotnická organizace (WHO) doporučuje příjem volných cukrů za den nižší než 10 % z celkového energetického příjmu, lépe pod 5 %, velká část evropské populace to mnohonásobně překračuje, v posledních letech zejména děti.

Umělá sladidla jsou vnímána jako prospěšná v tom, že dodávají nápojům a potravinám sladkou chuť bez přidaných kalorií, což je důležitý aspekt při hubnutí, dietních opatření, ale také při poruchách metabolismu sacharidů. Většina umělých sladidel není v těle metabolizována, proto jsou považována za bezpečná. S tímto tvrzením nesouhlasí někteří vědci, kteří ve svých studiích poukazují na to, že metabolity sladidel mají negativní účinky na myši, krysy, psy a dokonce lidi. Navzdory tomu, že mnoho národních úřadů uznalo syntetická sladidla jako bezpečná a dobře snášená, stále existuje mnoho kontroverzí o jejich účincích na lidské zdraví. Nehledě také na to, že mnoho sladidel bylo objeveno až v nedávné době a chybí tak studie o účincích na lidské zdraví z dlouhodobého užívání.

Stále se za nejvíce používané sladidlo považuje bílý řepný cukr. Cukr je nedílnou součásti každodenního života mnoha lidí. Alternativní sladidla se proto jeví jako vhodná náhrada bílého cukru. Navíc jsou lidmi konzumována od paleolitu, kdy původním nejpoužívanějším sladidlem byl med. Škála sladidel se v průběhu historie rozšiřovala a k pouze přírodním sladidlům se přidala sladidla umělá, synteticky vyrobená. V průběhu let se v souvislosti s rozšířeným využíváním umělých sladidel objevily pochybnosti o jejich účincích na lidský organismus a také bezpečnost. Některá sladidla byla proto zakázána a označena za potenciální karcinogeny.

Sladidla jsou dnes podstatnou složkou lidské stravy a jsou přidávána do mnoha potravinářských výrobků. Jedná se o velmi diskutovaný soubor potravinářských přídatných látek. Z těchto důvodů je nutné se tématu sladidel a jejich možným negativní dopadům na organismus a celkové zdraví lidí více zabývat. Práce proto poskytuje základní přehled všech sladidel, jejich chemické složení, možnosti použití a v neposlední řade také jejich vliv na zdraví jedinců.not

2 Vědecké hypotézy a cíle práce

2.1 Hypotézy

1. Přítomnost alternativních sladidel ovlivňuje výběr potravin/nápojů respondentů.
2. Potraviny a nápoje s alternativními sladidly konzumuje často (3-7 x týdně) alespoň třetina respondentů.
3. Třetina respondentů konzumuje alternativní sladidla ze zdravotních důvodů.
4. Polovina respondentů je přesvědčena, že alternativní sladidla napomáhají při redukci tělesné hmotnosti.

2.2 Cíle práce

Sladká chuť láká člověka od nepaměti. Mnoho lidí nemůže ze zdravotních a jiných důvodů používat běžná sladidla a je nucena přijímat alternativní. Dotazníkové šetření bude mít za cíl zmapovat používání alternativních sladidel.

3 Literární rešerše

3.1 Historie alternativních sladidel

Náklonnost lidí ke sladkým jídlům je vrozená. Je prokázáno, že již u novorozenců je preferována výživa se sladkou chutí. Z toho důvodu lidé používají do jídel sladké látky (Jain & Grover 2015).

Během první a druhé světové války byl nedostatek běžného cukru a kvůli nízkým výrobním nákladům bylo využíváno umělé sladidlo sacharin. Sacharin byl poprvé syntetizován v roce 1879. S rychle rozvíjejícím se potravinářským průmyslem, a s tím spojeným rozvojem nejrůznějších cukrovinek a rychlého občerstvení, se v populaci zvýšila také obezita. Proto bylo používání sacharinu přesměrováno hlavně na snížení energetické hodnoty v potravinách. Rozvinul se tedy trh s potravinami se sníženým obsahem kalorií, kde byl cukr nahrazen alternativními sladidly. Sacharin byl známý nejen pro svoji sladkost, ale také pro svou hořkou pachuť, proto byl nahrazen nebo doplněn jinými sladidly. Dalším objeveným sladidlem byl cyklamát a poté následoval aspartam. Nejnovějším objeveným sladidlem je neotam. Téměř všechna náhradní sladidla byla objevena náhodně jako vedlejší produkty či meziprodukty při syntéze jiných látek (Weihrauch & Diehl 2004).

U polyalkoholů byl jako první objeven erythritol v roce 1848, který byl získán z lišejníku. Dalším objeveným polyalkoholem byl sorbitol. Prvním zaznamenaným přírodním sladidlem byl med, který se používal již ve starověkých kulturách. Později byl med nahrazen sacharózou, stolním cukrem získaným z cukrové řepy. Listy stévie využívané pro oslazení pokrmů byly používány obyvateli Paraguayi a Brazílii již v době před zaznamenanou historií. Poprvé tuto rostlinu popsal v roce 1890 paraguyský přírodovědec Dr. Bertoni. Kdežto steviol-glykosidy extrahované z listů stévie byly poprvé popsány až v roce 1931 (Jain & Grover 2015).

3.2 Legislativa alternativních sladidel

Sladidla jsou řazena mezi potravinářské přídatné látky neboli aditiva a platí pro ně tak stejné podmínky, jako pro ostatní aditivní látky s jinými technologickými účinky. Lze je tedy do potravin přidávat jen tehdy, pokud jsou povolena a mají v potravině své technologické opodstatnění (Gabrovská & Chýlková 2017).

Pokud přídatná látka prošla testem své bezpečnosti, je jí v EU přidělen ojedinělý kód. Tento kód se skládá z písmene E a trojmístného či čtyřmístného čísla. Přídatná látka je takto označována v mezinárodním číselném seznamu a je tak jisté, že byla podrobena zkouškou své bezpečnosti. Na potravinách, do nichž byla přídatná látka přidána, musí být kód uveden ve složení, popřípadě zde musí být schválený název přídatné látky. Ve složení není povinnost uvádět obojí. Pokud je přídatná látka do potraviny přidána z důvodu jeho oslazení, je povinnost v názvu uvést „se sladidlem/sladidly“. Pokud je však do potraviny přidána kvůli technologickým účelům, tato povinnost se na ni nevztahuje. Je-li sladidlo prodávané jako stolní sladidlo, musí jeho název nést „stolní sladidlo na bázi…“ s názvem sladidla, nebo sladidel vyskytujících se v jeho složení (Gabrovská & Chýlková 2017).

Jelikož některá sladidla mohou způsobit u mnohých spotřebitelů nežádoucí reakci, je proto pro výrobce potravin stanovena povinnost uvádět na obalu výrobku ještě další

informace. U potravin obsahující více než 10 % přidaných cukerných alkoholů je dle nařízení (ES) č. 1333/2008 výrobce povinen uvést informaci „nadměrná konzumace může vyvolat projímavé účinky“. U potravin obsahující aspartam nebo sůl aspartamu-acesulfanu musí být znázorněno „obsahuje aspartam (zdroj fenylalaninu)“, je-li ve složení uveden pouze kód přídatné látky. Pokud je aspartam nebo sůl aspartamu-acesulfanu ve složení potraviny uveden svým schváleným názvem, musí být uvedeno na obalu „obsahuje zdroj fenylalaninu“ (Gabrovská & Chýlková 2017).

Použití sladidel povoluje a reguluje Evropská unie. Sladidla mohou být kromě sladivosti použita i za jinými technologickými účely, jako například stabilizátory, protispékavé nebo leštící látky. V tomto případě je přesně uvedeno, v jakém množství a za jakým účelem je lze do potravin přidávat. Česká legislativa souzní s legislativou Evropské unie a v současnosti je v Evropské unii registrováno 19 sladidel viz Tabulka č. 1 (Gabrovská & Chýlková 2017).

Tabulka č. 1: Seznam povolených sladidel v EU (Gabrovská & Chýlková 2017)

Kód	**Sladidlo**
E 420	Sorbitol
E 421	Mannitol
E 950	Acesulfam K
E 951	Aspartam
E 952	Kyselina cyklámová a její sodná a vápenatá sůl (cyklamát sodný)
E 953	Isomalt
E 954	Sacharin a jeho sodná, draselná a vápenatá sůl
E 955	Sukralóza
E 957	Thaumatin
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

U sladidel, jako je například sorbitol, mannitol, neohesperidin DC a maltitol, není stanovené povolené množství, protože spadají do kategorie GRAS (Generally Recognized as Safe= všeobecně považována za bezpečnou). Při výrobě potravin se uplatňuje zásada použití sladidla pouze nezbytně nutného množství s osvědčenou výrobní praxí (Čopíková et al. 2013).

Některá sladidla nejsou v Evropské unii povolena, jako je alitam (E 956), brazzein glycyrrhizin (E 958). Tato sladidla byla objevena teprve nedávno a chybí k nim relevantní studie, které by potvrdily či vyvrátily jejich negativní vliv na lidské zdraví (Gabrovská & Chýlková 2017).

Bezpečnost sladidel byla rozsáhle zkoumána i přezkoumávána řadou příslušných orgánů, včetně Evropského úřadu pro bezpečnost potravin (EFSA) i dalších vnitrostátních orgánů, jako je americký Úřad pro kontrolu potravin a léčiv (FDA). Všechna diskutovaná sladidla jsou schválena a považována tak za bezpečná pro použití a konzumaci v EU. Dále se u každého povoleného sladidla stanovuje hodnota ADI (acceptable daily intake), neboli přijatelná denní dávka náhradního sladidla (European Commission 2021).

3.3 Bezpečnost alternativních sladidel

Posuzování zdravotní nezávadnosti potravinářských přídatných látek, a tedy i sladidel má na starost od roku 1955 JEFCA (Join Expert Committee on Food Additives při WHO). Výbor vypracoval koncepci stanovení jejich akceptovatelného denního příjmu (ADI= acceptable daily intake). V evropské unii má tuto činnost na starost Evropský úřad pro bezpečnost potravin EFSA, konkrétně jeho vědecký panel AFC (skupina expertů EFSA pro vyhodnocování zdravotní nezávadnosti potravinářských aditiv, aromatizujících látek, pomocných prostředků a materiálů přicházejících do kontaktu s potravinami), který schvaluje a vydává seznam povolených sladidel společně s jejich E kódy (Račická 2012).

Česká republika se dlouho dobu řídila vlastními právními předpisy. Vstupem do Evropské unie se legislativa spojila s legislativou EU, a to vedlo k tomu, že se během posledních let rozšířilo spektrum přídatných látek. Spojení legislativy v oblasti přídatných látek je nezbytné kvůli mezinárodnímu obchodu. V České republice se bezpečností a zdravotní nezávadností potravinářských přídatných látek zabývá Národní referenční laboratoř pro aditiva v potravinách spadající pod Státní zdravotní ústav (SZÚ). Pokud jde o potraviny, kontrolu dodržování předpisů při užití potravinářských přídatných látek zajišťují orgány Ministerstva zemědělství České republiky. Jedná se o Státní zemědělskou a potravinářskou inspekci, Státní veterinární správu a orgány ochrany veřejného zdraví spadající pod ministerstvo zdravotnictví České republiky (Informační centrum bezpečnosti potravin 2018).

3.4 Hodnota ADI

Hodnota ADI (Accetable Daily Intake) je množství látky, které je možno denně konzumovat po celou dobu života, aniž by představovalo jakékoliv zdravotní riziko. Vyjadřuje se v miligramech na kilogram tělesné hmotnosti. Při stanovování ADI určitého sladidla, nebo jiného potravinářského aditiva se berou v úvahu všechny nežádoucí účinky, ke kterým by mohlo dojít při konzumaci dané látky. Účinky se poté prověřují při laboratorních testech, nejčastěji na experimentálních zvířatech. Stanovená hodnota ADI je pouze odhad bezpečné míry přídatné látky založen na nejlepších vědeckých poznatcích o zdravotní nezávadnosti pro celou populaci po celou dobu expozice. ADI lze ojediněle překročit, ale z dlouhodobého hlediska je nutné, aby byl příjem potravinářských přídatných látek pod touto hodnotou. Hodnoty pro jednotlivá sladila jsou uvedeny v Tabulce č. 2 (European Commission 2021).

Tabulka č. 2: Hodnota ADI pro jednotlivá sladidla (European Commision 2021)

Sladidlo	**ADI (mg/kg tělesné hmotnosti)**
Acesulfam-K	9
Advantam	5
Aspartam	40
Cyklamát	7
Neotam	2
Neohesperidin DC	5
Sacharin a jeho sodná, draselná a vápenatá sůl	5
Steviol-glykosidy	4
Sukralóza	15
Thaumatin	Neurčeno
Polyalkoholy	Neurčeno

3.5 Sladivost alternativních sladidel

Sladkost sladidel je bezpochybně jejich nejdůležitější vlastnost. Je měřena ve vztahu k sacharóze, která je měřítkem k určení sladivosti ostatních sladidel, jelikož její sladivost má hodnotu 1. K tomu, aby mohla být vnímána intenzita sladké chuti, musí být látka nejprve rozpuštěna ve slinách a musí dojít ke kontaktu s receptory v ústní dutině. Pocit sladkosti závisí na uspořádání molekul daného sladidla, na hodnotě pH, teplotě a přítomnosti jiných látek ovlivňující receptory v dutině ústní. Většina sladidel má v porovnání se sacharózou mnohem vyšší sladivost. V Tabulce č. 3 je uvedena relativní sladivost jednotlivých alternativních sladidel, kde jsou porovnávány hodnoty vzhledem k sacharóze (Carocho et al., 2017).

Tabulka č. 3: Relativní sladkost alternativních sladidel vzhledem k sacharóze (upraveno Čopíková 2013; Carocho et al. 2017)

Sladidlo	**Relativní sladivost**
Acesulfam-K	150-200 x
Aspartam	180-200 x
Aspartam-acesulfam	350x
Advantam	20 000 x
Cyklamát	30 x
Neotam	7000-13000 x
Neohesperidin DC	1900 x
Sacharin	300-600 x
Steviol-glykosidy	1900 x
Sukralóza	600 x
Thaumatin	2000-3000 x
Erythritol	0,6-0,8 x
Isomalt	0,4 x
Laktitol	0,5 x
Maltitol	0,9-1 x
Mannitol	0,5 x
Sorbitol	0,6 x
Xylitol	1 x

3.6 Rozdělení alternativních sladidel

3.6.1 Podle původu

3.6.1.1 Přírodní sladidla

Přírodní, jinak označována také jako tradiční sladidla se získávají od včel, z mízy rostlin a stromů (např. javorový a agávový sirup), plodů, semen, kořenů (např. čekankový sirup) či listů (např. stévie). Získávají se z přírodních složek bez chemických přísad. Tyto produkty se celosvětově používají jako primární sladidla, jelikož spotřebitelům nabízejí známé zdroje sladké chuti. Za přírodní sladidla jsou považovány rostlinné sirupy, med, panela, melasa, kokosový cukr, někdy také stévie a xylitol (Gabrovská & Chýlková 2017).

3.6.1.2 Syntetická sladidla identická s přírodními

Syntetickými sladidly identickými s přírodními se označuje skupina cukerných alkoholů. Sladivost polyalkoholů je srovnatelná se sladivostí cukru (sacharózy), ale jejich energetická hodnota je téměř o třetinu nižší, protože se hůře vstřebávají v gastrointestinálním traktu. Polyalkoholy jsou od krystalického cukru téměř nerozeznatelné také díky své krystalické formě. Na rozdíl od běžného cukru jsou nekariogenní, což znamená že nepodporují riziko vzniku zubního kazu a mají nízký glykemický index. Tyto látky se v malém množství nacházejí

v různých druzích ovoce a zeleniny, ale vyrábějí se chemickou cestou – fermentací z rostlinných polysacharidů (Gabrovská & Chýlková 2017).

3.6.1.3 Umělá sladidla

Syntetická neboli umělá sladidla se metabolizují jinak než přírodní cukry a polyalkoholy. Mají také různé vlastnosti, včetně intenzity sladkosti, perzistence sladké chuti a pachuti. Proto je každé sladidlo jedinečné a může odlišně ovlivnit vnímanou chuť nebo potravinářské využití (Pang et al. 2020).

3.6.2 Podle doby vzniku

3.6.2.1 Sladidla první generace

Skupinou sladidel první generace se rozumí sladidla, která jsou známa již po několik let. Do této skupiny se řadí například sacharin, cyklamát a aspartam (Gupta 2018).

3.6.2.2 Sladidla druhé generace

Druhou skupinou jsou sladidla tzv. druhé generace, která byla objevena až v nedávné době. Považují se tedy za novější. Je to například acesulfam-K, sukralóza, alitam a neotam (Gupta 2018).

3.6.3 Podle nutriční hodnoty

3.6.3.1 Objemová sladidla

Objemová sladidla označována také jako sladidla výživná nebo sacharidická obsahují určitou dávku energetické hodnoty. Mezi ně se řadí především cukerné alkoholy neboli polyalkoholy (též polyoly). Do této skupiny spadá E 420 sorbitol, E 421 mannitol, E 965 maltitol, E 966 laktitol, E 953 isomalt, E 967 xylitol a E 968 erythritol. Často se používají v kombinaci se syntetickými sladidly, ale na rozdíl od nich mají nižší index sladivosti, proto se využívají ve vyšší míře. Jejich množství v potravinách je regulováno, jelikož mají horší gastrointestinální toleranci a při konzumaci vyšších dávek mohou způsobovat laxativní účinek (Edwards et al. 2016; Gabrovská & Chýlková 2017).

3.6.3.2 Intenzivní sladidla

Intenzivní sladidla se jinak označují také jako sladidla nevýživná, umělá či nesacharidická, jelikož poskytují velmi sladkou chuť již při velmi nízkých koncentracích a neposkytují tak téměř žádnou energetickou hodnotu. Rozdělují se na sladidla vyráběna chemickou syntézou (sacharin, aspartam, acesulfam K, sukralóza a cyklamát) a sladidla získaná extrakcí z přírodních zdrojů (steviol-glykosidy a thaumatin) (Gabrovská & Chýlková 2017).

Obvykle jsou tato sladidla na trhu dostupná ve formě tablet, prášku, ale také se v malých množstvích přidávají do tekutých forem stolních sladidel, aby zintenzivnila jejich sladkost (Gabrovská & Chýlková 2017).

3.7 Přírodní sladidla

Přírodní sladidla se nacházejí v přírodě, nebo se získávají z přírodních složek bez chemických přísad. Jejich přesné složení a senzorické vlastnosti závisí na botanickém původu, podmínkách růstu a zpracování. Tradiční sladidla obsahují vysoký podíl cukrů. Sacharóza, glukóza a fruktóza tvoří alespoň 50 % sirupů. Někdy mohou být přítomny v menší míře polyalkoholy, které přispívají k celkové sladkosti. Jedním z hlavních rozdílů tradičních sladidel a stolního cukru je, že se tato sladidla vyskytují převážně v tekuté formě. V důsledku toho, mají díky vyšší vlhkosti nižší obsah energie v hmotnosti na 100 g. Energetická hodnota tekutých sladidel se pohybuje okolo 250-310 kcal na 100 g, kdežto u běžného stolního cukru se tato hodnota pohybuje mezi 380-390 kcal na 100 g. Účinnost toho poznatku je však v praxi složitější, jelikož závisí na tom, jak spotřebitelé tato tekutá sladidla používají s ohledem na množství a frekvenci používání (Edwards et al. 2016).

3.7.1 Med

Med je sladká látka přírodního charakteru produkována včelou medonosnou (*Apis mellifera*) z nektaru rostlin nebo výměšků šťáv stejnokřídlého hmyzu. Ve svém složení se různí dle původu. Je popsáno více jak 300 druhů medu. Obecně je směsí sacharidů, vody, vitaminů, minerálních látek, organických kyselin a v malém množství také bílkovin. Obsahuje převážně monosacharidy, u kterých převažuje fruktóza nad glukózou, ale v menším množství jsou v něm obsaženy také disacharidy, zejména sacharóza, maltóza a isomaltóza. Med je známý svým bohatým spektrem vitaminů a minerálních látek. Nejvíce jsou zastoupeny vitaminy skupiny B, dále také vitamin A, D, E, K a C. Z minerálních látek to je draslík, sodík, vápník, hořčík, železo, mangan a zinek. Z organických kyselin se v něm nacházejí hlavně glukonová kyselina, citronová, jantarová a mravenčí kyselina, které medu dodávají chuť a stabilitu. Nedílnou součástí medu jsou barviva rostlinného původu. Celkem med obsahuje okolo 12 druhů barviv, které se nejčastěji řadí mezi flavonoidy a antokyany. Z flavonoidních barviv byl prokázán kvercetin a rutin. Obsah vody v medu je limitován legislativou, kdy maximální množství vody je uváděno na 20 %. Čím méně tedy med vody obsahuje, tím je vyšší jeho kvalita. V medu se v malé míře objevují i hormony jako adrenalin, noradrenalin, acetylcholin a dopamin (Gheldof et al. 2002; Dupal 2015).

Jak bylo řečeno výše, složení medu závisí na jeho druhu. Rozděluje se na med květový (nektarový) pocházející z nektaru květu a med medovicový (lesní). Medovicový med je vytvářen včelami z medovice, což je sladká, lepkavá tekutina, produkována stejnokřídlým hmyzem. Dále se vyskytuje med jednodruhový, jako je řepkový med, akátový, lipový, dubový a smrkový. Z pohledu vlivu na lidské zdraví je nejvýznamnější manukový med pocházející z oblasti Nového Zélandu (Dupal 2015).

Od starověku je med známý svými léčivými účinky. Je nejstarším prostředkem pro hojení ran utvářející na jejich povrchu viskózní bariéru, čímž zabraňuje průchodu mikroorganismů. Snižuje celkovou dobu hojení, zlepšuje hojení jizev. Díky jeho antimikrobiálním vlastnostem zmírňuje žaludeční vředy, které vznikají v důsledku přítomnosti bakterie *Helicobacter pyroli*. U pacientů s gastroenteritidou výrazně zkracuje dobu onemocnění. Jeho antimikrobiální vlastnosti působí pozitivně i na zdraví zubů. Má

karioprotektivní účinek, což znamená, že neničí zubní sklovinu tak, jako sacharóza (Samarghandian et al. 2017).

Bylo prokázáno, že dlouhodobá konzumace medu snižuje obsah celkového cholesterolu, také LDL cholesterolu, a naopak mírně zvyšuje hladinu HDL cholesterolu, čímž snižuje riziko vzniku kardiovaskulárních onemocnění, hlavně u rizikových pacientů. Nezvyšuje také tělesnou hmotnost u pacientů s nadváhou nebo obezitou (Yaghoobi et al. 2008).

Med má větší sladivost než cukr, tudíž ho stačí použít méně. Má sice nižší glykemický index než sacharóza, ale i přesto ovlivňuje hladinu krevního cukru. U studie, kde byli zkoumáni lidé s diabetem 1. typu a lidé bez diabetu, bylo prokázáno, že všichni respondenti konzumující med měli nižší glykemický index než respondenti konzumující cukr. Také se u těchto zúčastněných zvýšila hladina C-reaktivní protein, který je zodpovědný za produkci inzulinu. Je však důležité, aby med nebyl falšován a neobsahoval tak žádný přidaný cukr, jinak jeho účinky ztrácí význam (Higuera 2019).

3.7.2 Kokosový cukr

Kokosový cukr, správně označován jako kokosový palmový cukr se stal v poslední době oblíbenou alternativou běžného stolního cukru. Je to přírodní sladidlo získané z mízy Palmy kokosové (*Cocos nucifera*). Obsahuje okolo 15 % sacharózy. V kokosové palmě se nachází mnoho vitaminů, hlavně vitamin C, vitaminy skupiny B_1, B_2, B_3 a B_6. Část z nich obsahuje také kokosový cukr, ale v menší míře, jelikož se část znehodnotí zahříváním při výrobě. Kokosový cukr obsahuje minerální látky, jako je železo, zinek, vápník a draslík, polyfenoly a antioxidanty. Obsahuje také vlákninu zvanou inulin, která zpomaluje vstřebávání glukózy, proto má kokosový cukr glykemický index okolo hodnoty 54, oproti běžnému stolnímu cukru. Nutriční profil kokosového cukru je tedy příznivější než u běžného stolního, ale vzhledem ke konzumaci malého množství je tento benefit zanedbatelný (Gunnars 2013).

Kokosový cukr se používá jako kterékoli jiné sladidlo. Díky své karamelové a lehce ovocné chuti je vhodný pro slazení čaje, kávy, jogurtů, také při pečení a do snídaňových kaší. Kuchaři ho často přidávají do asijských jídel, kde vynikne jeho nasládlá chuť a příjemná vůně (Covington 2021).

Jeho benefity jsou nízká zpracovatelnost, nižší glykemický index a lepší nutriční složení vzhledem ke stolnímu cukru. Sladivost kokosového cukru a sacharózy je téměř srovnatelná. Jedná se však stále o sladidlo, které má vysokou energetickou hodnotu (Gunnars 2013).

3.7.3 Javorový sirup

Javorový sirup je přírodní sladidlo získané ze stromů, nejčastěji javoru cukrového (*Acer saccharum*), Javoru černého (*Acer nigrum*) a červeného (*Acer rubrum*) (Zhang et al. 2014). V jeho chemickém složením je nejvíce zastoupena voda, a to ze 70 %, dále sacharidy, zejména sacharóza, v menším množství pak glukóza a fruktóza. Z minerálních látek je to hořčík, draslík, vápník, zinek, mangan a z vitaminů riboflavin, niacin a thiamin. Obsahuje také organické kyseliny (fumarová kyselina, jablečná kyselina), aminokyseliny (arginin, threonin, prolin) a fytohormony (abscisová kyselina). V javorovém sirupu byla detekována široká škála fytochemikálií, z nichž většina patří mezi fenoly. Javorový sirup má nižší glykemický index, a to 53 (Zhang et al. 2014).

Získaná míza z javoru se vaří až do zhoustnutí na 66% obsah cukru. Během tohoto procesu dochází k hnědnutí a sirup získává své typické aroma. Poté je nutno sirup přefiltrovat a zbavit ho tak zbytečných nečistot. Čím je sirup tmavší a jeho aroma výraznější, tím je jeho kvalita vyšší. Jeho kvalita se označuje písmeny A-D, kdy písmeno D znázorňuje nejvyšší kvalitu. Na 1 litr javorového sirupu je třeba až 40 litrů javorové mízy, proto je jeho cena poměrně vysoká a mnozí výrobci se ho snaží falšovat. Buďto přidáváním cukru, nebo se vyrábí z kukuřičného sirupu a přidáním aroma, tento výrobek však nemůže nést název javorový sirup, poněvadž ho neobsahuje (Ball 2007).

Jelikož má javorový sirup nižší glykemický index než sacharóza, nezvyšuje tak rychle hladinu glukózy v krvi. Studie prokázaly pozitivní účinky javorového sirupu na rakovinu trávicího traktu. Bylo prokázáno, že javorový sirup tmavé barvy snížil rychlost růstu rakovinotvorných buněk jícnu, žaludku, slinivky břišní i tlustého střeva. Naopak světlejší sirup inhiboval rakovinotvorné bujení jen u některých částí trávicího traktu. Z této studie tedy vyplývá, že tmavě zbarvený javorový sirup obsahuje větší množství bioaktivních sloučenin, do kterých spadají fenolové sloučeniny. Vědci z McGillovy univerzity zjistili, že javorový sirup zvyšuje účinnost antibiotik, což by znamenalo snížení množství potřebných antibiotik a celkové snížení počtu bakterií rezistentních na antibiotika. (Maisuria et al. 2015; Yamamoto et al. 2017)

3.7.4 Datlový sirup

Datlový sirup je přírodní sladidlo získané z plodů Datlovníku pravého (*Phoenix dactylifera L.)*. Má hustou konzistenci a tmavě hnědou barvu. Datlový sirup obsahuje především jednoduché cukry, celkový obsah sacharidů se pohybuje mezi 50-70 %. V menší míře také bílkoviny s pestrým zastoupením aminokyselin, vitaminy a minerální látky. Hlavními přítomnými cukru v datlovém sirupu jsou glukóza a fruktóza. Glukóza je obsažena z 15-17 %, fruktóza z 15-30 %. Datlový sirup obsahuje značné množství vitaminů a minerálních látek. Z vitaminů je nejvíce zastoupeny vitaminy skupiny B, konkrétně B_1, B_3 a B_6 a také vitamin A. Datle jsou velice bohaté na vitamin C, ten se však při jejich sušení degraduje. Zástupci minerálních látek jsou hlavně vápník, draslík, fosfor, hořčík, sodík, draslík, zinek a železo. Vyznačuje se také vysokým obsahem antioxidantů, včetně flavonoidů, karotenoidů a kyseliny fenolové (Farahnaky et al. 2016).

Používá se k oslazení potravinových výrobků, jako je pečivo, mléčné výrobky, zmrzliny, sušenky a sladkosti. Také se využívá samostatně jako stolní sladidlo k oslazení snídaňových kaší, palačinek nebo lívanců (Gollin 2020).

Datlový sirup má specifickou chuť a vyšší sladivost než sacharóza, tudíž se ho může použít méně. Ve srovnání s javorovým sirupem nebo medem má nižší glykemický index, kvůli vyššímu obsahu vlákniny, což má za následek to, že datlový sirup méně ovlivňuje hladinu cukru v krvi (Farahnaky et al. 2016).

3.7.5 Agávový sirup

Agávový sirup se řadí mezi přírodní sladidla. Je to sladidlo získané ze dřeně listů rostliny Agáve americké (*Agave americana*) rostoucí v tropech a subtropech po celém světě. Lisováním se získá sladký nektar, který se po tepelné úpravě zahušťuje na sirup. Během

tepelného ošetření dochází ke ztrátě minerálních látek, a tak sirup představuje zvláště zdroj cukrů. Konečným produktem je tak vysoce zpracované sladidlo. Agávový sirup obsahuje vysoké procento fruktózy, a to 75 %, zbytek cukrů tvoří směs glukózy a sacharózy. Dále obsahuje fruktooligosacharidy, hlavně inulin. Díky vysokému obsahu fruktózy má nižší glykemický index ve srovnání s běžným cukrem (Leech 2020).

Agávový sirup je přibližně dvakrát sladší než med, tudíž ho lze k oslazením stejného množství pokrmu či nápoje, použít méně. Jeho další výhodou je nižší glykemický index, kolem 15. Díky tomu nedochází k prudkému zvýšení glukózy v krvi (Leech 2020).

Na rozdíl od glukózy fruktóza krátkodobě nezvyšuje hladinu cukru v krvi, tedy ani inzulínu. To je také jeden z důvodů, proč jsou sladidla s vysokým obsahem fruktózy uváděna na trh po pojmem „zdravá“ nebo vhodná pro diabetiky“. Přestože glukóza a fruktóza vypadají podobně, v těle jsou metabolizovány odlišně. Každá buňka v lidském těle může glukózu metabolizovat, ale u fruktózy tomu tak není. Játra jsou jediným orgánem, který nedokáže ve významném množství fruktózu metabolizovat. Pokud tedy jedinec konzumuje vyšší dávky fruktózy, játra se přetíží a začnou jí přeměňovat na tuk. Tento jev vede ke zvýšení hladiny triglyceridů v krvi. Část tuku se usadí v játrech, což způsobí ztučnění jater. Následek toho může být vznik inzulinové rezistence, diabetu 2. typu a kardiovaskulárních onemocnění. Proto není agávový sirup vhodnou alternativou k běžnému cukru ani při slazení u jedinců s diabetem. Tento jev však neplatí u ovoce, ve kterém je obsažena vláknina a lidský organismus tak zpracuje fruktózu mnohem lépe (Stanhope et al. 2013).

3.7.6 Rýžový sirup

Rýžový sirup se vyznačuje světlou čirou barvou, a ne příliš výraznou chutí. Rýžový sirup se získává z rýžového škrobu pomocí hydrolýzy za přítomnosti přírodních enzymů. V nejvyšší míře jsou zastoupeny sacharidy, hlavně maltóza, která je obsažena ze 45 %. Dále pak glukóza, zbytek je tvořen polysacharidy. Neobsahuje ani malé množství fruktózy. Rýžový sirup obsahuje také vitaminy a minerální látky, jedná se hlavně o vitaminy ze skupiny B, z minerálních látek jsou zastoupeny zinek, hořčík a draslík (Triyannanto & Lee 2016).

Rýžový sirup je vhodný pro studenou i teplou kuchyni. Využívá se samostatně, jako stolní sladidlo k doslazení jogurtů, tvarohů, ovesných vloček, různých dezertů, při pečení, a to hlavně díky tomu, že má jemné neutrální aroma, které neovlivňuje výslednou chuť pokrmu (Křivánková 2018).

Sladivost rýžového sirupu je o něco nižší než sladivost stolního cukru, ale obsažená energie je totožná, tudíž je nutno dávat si pozor na přiměřené dávkování. Také má nižší glykemický index, takže se po jeho konzumaci prudce nezvyšuje hladina krevního cukru (Triyannanto & Lee 2016).

3.7.7 Čekankový sirup

Čekankový sirup se získává z kořenů rostliny Čekanky obecné *(Cichorium intybus).* Je to poměrně nové sladidlo. Obsahuje vysoké množství vlákniny, až 71 % inulinu a malé množství cukru (cca 5 %), což zapříčiňuje jeho nízký glykemický index, který se pohybuje pod hodnotou 5. Jedná se tedy o přírodní sladidlo s nejnižším glykemickým indexem. Dále obsahuje zásobní polysacharidy, fruktooligosacharidy, polyfenolické sloučeniny, vitaminy, minerální

látky a manitol. Neobsahuje žádné konzervanty, aromata ani alergenní látky, jako je lepek a laktóza, avšak do některých produktů je přidáváno umělé sladidlo sukralóza, aby mu dodalo požadovanou chuť (Lulková 2019).

Lze ho využít jako sladidlo v surovém stavu, často se přidává do pečení, kde může z části nahradit tuk. Také ho lze použít do teplé i studené kuchyně, či k oslazení nápojů. Díky jeho nízké energetické hodnotě je často využíván v potravinách pro diabetiky. Jeho sladivost je téměř shodná s medem. V porovnání s jinými sladidly obsahuje až o 95 % méně cukru a také o 45 % méně kalorií, proto je jeho použití vhodné při redukčních dietách a u diabetických pacientů (Lulková 2019).

Inulin společně s fruktooligosacharidy patří mezi rozpustnou vlákninu s probiotickým efektem. Čímž podporují růst prospěšných střevních bakterií, zlepšují funkci střev a působí proti zácpě. U inulinu obsaženého v kořenech čekanky je prokázáno, že zlepšuje kontrolu krevního cukru a pomáhá tak předcházet prediabetu a diabetu 2. typu. Účinně také snižuje hladinu cholesterolu a triglyceridů v krvi (Guess et al. 2015; Arndt 2021).

3.8 Syntetická sladidla identická s přírodními

Polyalkoholy neboli cukerné alkoholy jsou deriváty sacharidů vyskytující se v ovoci, zelenině a některých fermentovaných potravinách. Lze je chemicky vyrobit hydrogenací mono – nebo disacharidů. Jejich sladivost je srovnatelná se sladivostí sacharózy, tedy běžného cukru. Na rozdíl od cukru se hůře vstřebávají, a proto poskytují menší energetickou hodnotu a také nižší glykemický index. Tyto vlastnosti je činí oblíbenými pro využití jako sladidel v diabetických a nízkokalorických potravinách a nápojích. Většina polyolů také není fermentována orálními bakteriemi, čímž je činí nekariogenními, proto se přidávají do žvýkaček bez cukru, zubních past či ústních vod. Často se používají v kombinaci se syntetickými sladidly, ale na rozdíl od nich mají nižší index sladivosti, proto se používají ve vetším množství. Díky tomu jsou polyoly označovány jako tzv. objemová sladidla. Jejich množství v potravinách je regulováno, jelikož mají horší gastrointestinální toleranci a při konzumaci vyšších dávek mohou způsobovat laxativní účinek (Edwards et al. 2016).

3.8.1 Sorbitol E 420

Sorbitol byl poprvé izolován v roce 1872 z jeřábu ptačího (*Sorbus acuparia*) Molekulární vzorec sorbitolu je $C_6H_{14}O_6$, znám je taky pod názvy D-glucitol, D-sorbitol, sorbit a glucitolový nebo sorbitolový sirup. Sorbitol je bílá krystalická látka, dobře rozpustná ve vodě. Má vysokou teplotu tání, dobrou tepelnou stabilitu a příjemně sladkou chuť (Zhang et al. 2020).

Řadí se mezi výživná (kalorická) sladidla, jelikož na jeden gram sorbitolu připadá 2,6 kcal. Jeho sladivost odpovídá 60 % sacharózy, lze ji zvýšit přidáním syntetických sladidel. Jeho příjemná čistá chuť má schopnost maskovat nežádoucí chutě u jiných složek stravy, jako jsou želírující látky, bílkoviny a tuky. Jako ostatní cukerné alkoholy nepodléhá Maillardově reakci, čehož se využívá u výrobků, které si i po tepelné úpravě musejí zachovat svůj vzhled a aroma (Mérillon 2018).

Sorbitol se přirozeně vyskytuje v jablkách, hruškách, švestkách, meruňkách, třešních a broskvích, hroznovém vínu, ale také v mořských řasách. Průmyslově lze sorbitol vyrobit

redukcí glukózy ze sacharózy, kdy vedlejším produktem je fruktózový sirup. Používá se v tekuté i krystalické formě, jako sladidlo, zahušťovadlo, stabilizátor a zvlhčovadlo. Velkou nevýhodou je jeho vysoká hygroskopičnost, čímž se potraviny stávají méně udržitelné. Přidává se do cukrovinek, dezertů, pekařských výrobků, zmrzlin, žvýkaček a ústních vod (Awuchi 2017; Mérillon 2018).

Část sorbitolu (20-85 %) se pomalu absorbuje v tenkém střevě a poté je transformována na fruktózu. Neabsorbovaný sorbitol postupuje do tlustého střeva, stimuluje jeho peristaltiku a čerpá do něj vodu, čímž působí močopudně a při vyšším příjmu má projímavé účinky. Při nadměrné konzumaci může způsobovat bolesti břicha, nadýmání a plynatost. Proto se jeho doporučené množství pohybuje do 50 g za den. Jeho metabolismus není regulován inzulinem, proto rapidně nezvyšuje hladinu glukózy v krvi. Glykemický index sorbitolu je velmi nízký, a to kolem hodnoty 10 (Zhang et al. 2020).

3.8.2 Mannitol E 421

Molekulární vzorec mannitolu je $C_6H_{14}O_6$. Znám je také pod názvem D-mannitol, D-mannit nebo mannite. Je hůře rozpustný ve vodě, ale stabilní při teplotách nad 160 °C. Má čistou sladkou chuť. Jeho sladivost je 50 % sacharózy, ale v kombinaci s dalšími sladidly se jeho sladivost zvyšuje. Řadí se mezi energetická sladidla, jelikož poskytuje kalorickou hodnotu 2,4 kcal na gram sladidla (Awuchi 2017).

Jelikož je to izomer sorbitolu, používá se jako protispékavá látka, plnidlo, zvlhčovadlo, zahušťovadlo, stabilizátor a sladidlo. Díky své tepelné stabilitě a nekariogenním účinkům se využívá při výrobě čokolád, čokoládových polev, žvýkaček a pastilek na osvěžení dechu. Dále nachází uplatnění v lékařské praxi. Díky jeho antioxidačním účinkům se využívá jako ochrana před rakovinou tlustého střeva, dále je využíván jako diuretikum při onemocnění ledvin. Podporuje vylučování toxických látek z těla močí (Grembecka 2015).

Manitol je jako jediný ze všech polyolů tělem špatně snášen. Jeho denní dávka by neměla přesahovat 20 g, aby nedošlo k trávicím potížím. Jeho absorpce je částečná, kdy je 25 % absorbováno v tenkém střevě a zbylou, neabsorbovanou část přeměňují mikroorganismy na organické kyseliny. Potraviny obsahující mannitol mohou konzumovat také diabetici, jelikož na jeho metabolizaci není potřeba inzulin a glykemický index je nulový (Grembecka 2015; Mérillon 2018).

3.8.3 Maltitol E 965

Molekulární vzorec maltitolu je $C_{12}H_{24}O_{11}$. Známý je pod názvy D-maltitol, hydrogenovaný maltitolový sirup, hydrogenovaný glukózový sirup, hydrogenovaná maltóza a maltitolový sirup. Díky svým fyzikálním vlastnostem nejvíce z polyolů připomíná sacharózu. Jeho sladkost dosahuje až 90 % sacharózy, avšak jeho energetická hodnota je pouze 2,4 kcal na gram sladidla. Jeho fyzikální vlastnosti jsou nejvíce srovnatelné s vlastnostmi sacharózy (Awuchi 2017).

Maltitol se často využívá jako náhražka tuku, kde potravinám dodává jejich krémovou texturu. Nezvyšuje riziko zubního kazu, jelikož se v dutině ústní nerozkládá na kyseliny, které jinak způsobují rozpad zubní skloviny. Nepodléhá Maillardově reakci a je stabilní při vysokých teplotách, čehož se využívá v mnoha pekařských výrobcích. Dále se přidává do

výrobků se sníženým obsahem cukru, kalorií a tuku. Vyskytuje se v mražených krémech, čokoládách a je přidáván do stolních sladidel. Různé doplňky stravy a bonbóny mají svůj lesklý a pevný povrch právě díky maltitolu. Jeho využití je však v menší míře než u ostatních cukerných alkoholů, a to zejména kvůli jeho vyšší ceně (Mérillon 2018).

V tenkém střevě je maltitol štěpen a absorbován pomocí enzymu maltázy. Jeho absorpce je z 5-80 %. Takto velké rozpětí je kvůli tomu, že maltáza většinou nestačí rozštěpit všechen maltitol, který se přesouvá do tlustého střeva. V tlustém střevě ho mikroorganismy fermentují za vzniku plynů, což vede ke změně osmotického tlaku, a tím i k laxativním účinkům. Maltitol je tělem dobře snášen, projímavé účinky nastávají až při konzumaci 60-90 g za den (Saraiva et al. 2020)

3.8.4 Laktitol E 966

Molekulární vzorec laktitolu je $C_{12}H_{24}O_{11}$. Vyskytuje se pod názvy jako je lactit, lactositol nebo lactobiosit. Laktitol byl objeven v roce 1920 francouzským chemikem jménem Senderens. Jeho energetická hodnota je 2 kcal na gram sladidla. Je stabilní i při teplotách nad 160 °C. Laktitol je bílý krystalický prášek sladké chuti bez zápachu a dalších nežádoucích chutí. Jeho sladkost se uvádí jako 40 % sacharózy. Požadovaná chuť se obvykle získává smícháním spolu se syntetickými sladidly, jako je acesulfam-K, aspartam, cyklamát, neotam, sacharin a sukralóza (Zhang et al. 2020).

Jako takový je laktitol v přírodě přítomný v mléce. Jeho zisk se uskutečňuje hydrogenací z laktózy. Jeho rozpustnost je lepší a rychlejší než u sacharózy, což snižuje náklady na výrobu, a proto je jeho využití v potravinářském průmyslu jako náhražka sacharózy v poměru 1:1. Laktitol je hojně využíván v potravinářském průmyslu díky jeho dobrým fyzikálním vlastnostem, kterým se podobá sacharóze, ale také díky jeho bezpečnosti. Přidává se do pekařských výrobků, cukrovinek a dezertů. Méně často se také přidává do masných výrobků, instantních pokrmů, omáček a surimi tyčinek, kde zastupuje funkci plnidla. Dále své uplatnění nachází v nízkokalorických potravinách nebo v potravinách bez cukru, kam se přidává v kombinaci se syntetickými sladidly. Nejčastěji s aspartamem, cyklamátem sodným, acesulfanem-K a sacharinem. Jeho využití je spolu s ostatními polyalkoholy ve žvýkačkách. Laktitol neovlivňuje hladinu glukózy v krvi, proto je jeho využití jako sladidlo pro diabetiky. Kromě toho, že má nekariogenní charakter, funguje také jako prebiotikum, které pozitivně ovlivňuje růst prospěšných bakterií, hlavně bifidobakterií a laktobacilů v tlustém střevě člověka. Naopak snižuje růst hnilobných bakterií a absorbuje amoniak, čímž udržuje příznivé pH (Mérillon 2018; Zhang et al. 2020).

Pouze 2 % laktitolu jsou absorbovány v tenkém střevě, zbytek laktitolu přechází v nepřeměněné formě do tlustého střeva, kde je fermentován přítomnými mikroorganismy. Tam se rozkládá na mastné kyseliny s krátkým řetězcem, oxidu uhličitý, malé množství vodíku a zbytek slouží jako zdroj energie pro mikroorganismy, jako je *Bifidobacterium* a *Lactobacillus* spp. Laktitol se tedy může používat jako účinné prebiotikum na podporu růstu bifidobakterií a laktobacilů, a tím zlepšuje funkci trávení. Pokud je přijímán do 20-50 g za den, nejsou známy žádné nežádoucí ani projímavé účinky (Ruiz-Ojeda et al. 2019).

3.8.5 Xylitol E 967

Xylitol by poprvé syntetizován v roce 1891 E. Fisherem ze xylózy. Molekulární vzorec xylitolu je $C_5H_{12}O_5$. Často je označován jako březový či dřevěný cukr díky tomu, že při jeho původní výrobě se používalo březové dřevo. Je to bílý krystalický prášek bez zápachu. Jako jediný cukerný alkohol má stejnou sladivost jako sacharóza (Awuchi 2017).

Přirozeně se vyskytuje v ovoci a zelenině, ale může být extrahován i z ovsu, kukuřice, cukrové třtiny a hub. Průmyslová a komerční výroba spočívá ve zpracování hemicelulózy (xylanu) extrahované z kukuřičných klasů a tvrdého dřeva. Xylan se nejprve hydrolyzuje na xylózu a poté je hydrogenován na xylitol. Dá se získat také díky mikroorganismům, jako je například *Candida tropicalis a C. quilliermondii*, které produkují xylitol. Avšak nedají se použít v potravinářském průmyslu kvůli jejich patogenní povaze (Carocho et al. 2017; Mérillon 2018).

Xylitol je přidáván do potravinářských výrobků během jejich přípravy, aby zlepšil jejich vzhled, barvu a chuť. Je využíván samostatně, tak i v kombinaci s ostatními cukernými alkoholy. Díky jeho rychlé sladké chuti, chladivosti a nekariogennímu účinku je přidáván do žvýkaček bez cukru. Hojně je využíván při výrobě čokolád, pekařských výrobků a dortů, u který plně zastupuje roli sacharózy. Další využití je ve farmaceutickém průmyslu, kde se přidává do sirupů i tablet proti kašli (Awuchi 2017).

K jeho metabolizaci dochází přímo v játrech pomocí kyseliny glukoronové nebo nepřímo fermentací v trávicím traktu díky přítomným mikroorganismům. Dospělý člověk vyprodukuje přibližně 5-15 g xylitolu denně. Téměř 50 % je absorbováno v tenkém střevě a zbytek putuje do střeva tlustého. V tlustém střevě je xylitol fermentován za vzniku mastných kyselin s krátkým řetězcem tvořící bakteriální biomasu a plynů, jako je vodík, methan a oxid uhličitý. Organismem dobře snášené množství je až do 100 g za den (Awuchi 2017; Mérillon 2018).

3.8.6 Erythritol E 968

Erythritol je ze skupiny cukerných alkoholů jediným neenergetickým sladidlem. Jeho molekulární vzorec je $C_4H_{10}O_4$ a v roce 1848 ho objevil skotský chemik John Stenhous.
Při jeho označení se používají názvy jako erythrite, meso-erythritol, tetrahydroxybutan nebo erythrine. Erythritol má čistou sladkou chuť a často se proto využívá při maskování nežádoucích chutí u syntetických sladidel. Vyznačuje se kolem 60 % sladkosti sacharózy. Sladkost však může být zvýšena vlivem smíchání s ostatními cukernými alkoholy, jako je sorbitol a xylitol, či se syntetickými sladidly, jako je aspartam a sukralóza. Jeho energetická hodnota se pohybuje okolo hodnoty 0,2 kcal na gram sladidla (Mooradian et al. 2017).

Výrobu erythritolu lze provádět dvěma způsoby, a to chemickou syntézou nebo fermentací. Nepodléhá Maillardově reakci a je stabilní i při teplotách do 160 °C. Je nekariogenní a omezuje růst *Streptococcus mutants*, proto jimi nemůže být metabolizován a způsobovat rozpad zubní skloviny (Awuchi 2017).

Přirozeně se vyskytuje v různých druzích ovoce, v mořských řasách a ve fermentovaných potravinách, hlavně v sójové omáčce, sýru, víně, či pivu. Díky svým vlastnostem, které se podobají sacharóze, se používá jako stolní sladidlo a také je přidáván do

nápojů se sníženým obsahem kalorií. Společně s maltitolem se přidává do pekárenských výrobků, protože zlepšuje stabilitu při pečení, má vyšší sladkost a schopnost výrobek zvlhčit (Mooradian et al. 2017).

Erythritol se absorbuje z 60-90 % v tenkém střevě. V organismu není metabolizován a je v nezměněné formě vyloučen močí do 24 hodin. Proto má minimální vliv na hladinu glukózy v krvi. Při jeho nadměrné konzumaci může malé množství přecházet do tlustého střeva, kde je však vyloučeno společně s výkaly. Díky tomu, že organismem projde v nezměněném stavu, nedochází k laxativnímu účinku a ostatním zažívacím problémům, proto i klinické studie prokázaly, že se jedná o nejlépe tolerovaný polyalkohol (Jain & Grover 2015; Mérillon 2018).

3.8.7 Isomalt E 953

Molekulární vzorec isomaltu je $C_{12}H_{24}O_{11}$. Isomalt se také označuje jako isomaltitol a hydrogenovaná isomaltulóza. Je to bílá krystalická látka sladké chuti bez zápachu. Isomalt má 45-65 % sladkosti sacharózy, což však závisí na teplotě, koncentraci a typu isomaltu. Sladkost se zvyšuje při smícháním isomaltu se syntetickými sladidly. Při tomto smíchání dochází také k zakrytí nežádoucích chutí u některých syntetických sladidel. Řadí se mezi energetická sladidla, jelikož poskytuje kalorickou hodnotu 2,4 kcal na gram sladidla (Carocho et al. 2017).

V potravinářském průmyslu se používá jako protispékavá látka, stabilizátor, zahušťovadlo, plnidlo a samozřejmě sladidlo. Své zastoupení má v bonbónech, čokoládách, pečivu, doplňcích stravy a pastilkách proti kašli. Podobně jako jiné cukerné alkoholy je isomalt nekariogenní, proto se přidává do žvýkaček a zubních past. Navíc bylo prokázáno, že zubní pasty obsahující isomalt podporují remineralizaci zubní skloviny (Takatsuka et al. 2008; Mérillon 2018).

Isomalt se absorbuje velmi málo, a to z 10 %. Zbylých 90 % je fermentováno bakteriemi osidlující tlusté střevo. Produktem jsou mastné kyseliny s krátkým řetězcem, oxid uhličitý, methan a malé množství vodíku. Nadměrná spotřeba (50-70 g/den) má laxativní účinek, který závisí na individuální citlivosti jedince (Mérillon 2018; Ruiz-Ojeda et al. 2019).

3.8.8 Steviol-Glykosidy E 960

Steviol-Glykosidy je skupina vysoce sladkých diterpenových glykosidů izolovaných z rostliny *Stevia rebaudiana* českým názvem Stévie sladká. *Stevia rebaudiana* je keř z čeledi *Asteracea*, který byl poprvé objeven Dr. Moises Santiagem Bertonim v roce 1888. V roce 2011 byly schváleny úřadem EFSA a přidány do seznamu potravinářských přídatných látek. V rámci Evropské unie se však mohou používat jen steviol-glykosidy, a ne listy stévie, jelikož se přesně nezná jejich chemické složení, a tím pádem i jejich bezpečnost. Jejich hodnota ADI je 4 mg na kilogram tělesné hmotnosti na den (Mérillon 2018; Wang et al. 2020).

Listy stévie jsou 30krát sladší než sacharóza, zatímco sloučeniny označované jako steviol-glykosidy izolované z listů této rostliny, jsou až 200-300krát sladší než sacharóza. Patří tedy mezi velmi intenzivní sladidla, která jsou hojně využívána právě kvůli jejich přírodního původu. Jedná se o neenergetické přírodní sladidlo, které nemá žádnou energetickou hodnotu (Carocho et al. 2017).

Produktem je bílý krystalický prášek bez zápachu. Steviol-glykosidy jsou v Evropské unii klasifikovány jako potravinářské přídatné látky pod číslem E 960. Jejich extrakty se používají čím dál, tím častěji. K nalezení jsou v čokoládách, zmrzlinách, cukrovinkách, džemech, kečupech, konzervovaných potravinách, žvýkačkách a v nealkoholických nápojích. K dostání jsou také ve formě stolních sladidel (Mérillon 2018).

Glykosidy steviolu jsou metabolizovány střevními bakteriemi až v tlustém střevě a přeměňují je na steviol, který je rychle vstřebáván a transportován přímo do jater. V játrech je přeměněn na steviol-glukoronid, který je pomocí moči vyloučen z organismu ven (Anker et al. 2019).

Na rozdíl od ostatních sladidel je rostlina *Stevia rebaudiana Bertoni*, případně steviol-glykosidy zkoumána pro své léčivé účinky. Jelikož stévie obsahuje mnoho biochemicky aktivních látek, využívá se v léčbě chronických onemocnění, jako je obezita, hypertenze, diabetes mellitus, fibróza a ztučnění jater. Dále pomáhá při určitých typech rakoviny a chronických onemocnění ledvin. Zlepšuje sekreci inzulinu a ovlivňuje absorpci glukózy, čímž pomáhá regulovat glykémii, proto je vhodná pro diabetiky (Kurek & Krejpcio 2019; Wang et al. 2020).

3.8.9 Thaumatin E 957

Thaumatin je velmi sladký protein získaný z rostliny *Thaumatococcus daniellii*. Thaumatin byl schválen Evropskou unií roku 1984 jako potravinářská přídatná látka s označením E 957. Jeho sladkost se od sacharózy však odlišuje. Je až 2000krát sladší než sacharóza. Vnímání sladké chuti je u thaumatinu zpožděno o 10-15 sekund a vyvíjí se postupně, dokud nedosáhne svého maxima. Sladká chuť trvá až několik minut s charakteristickou pachutí a nádechem lékořice, proto se používá v kombinaci s jinými náhražkami cukru. Řadí se mezi neenergetická sladidla, jako ostatní proteiny poskytuje energie v hodnotě 4 kcal na gram sladidla (Firsov et al. 2016; Carocho et al. 2017).

Má vysokou termostabilitu a synergický účinek se zvyšuje v kombinaci se sacharinem, acesulfanem K a steviosidem. Využívá se jako zvýrazňovač chuti v potravinových komoditách a doplňcích stravy, také se přidává do žvýkaček, zubních past a do široké škály sladkostí (Carocho 2017).

Thaumatin se používá jako aditivum, nemá však stanovenou hodnotu ADI, jelikož nevykazuje teratogenní ani mutagenní účinky. Je považován za jedno z nejbezpečnějších a nejsladších sladidel. Přidává se do jogurtů, mražených krémů, do cukrovinek a žvýkaček bez přidaného cukru. Kvůli jeho vysokým výrobním nákladům, je používán v omezeném množství. (Jain & Grover 2015)

Po konzumaci thaumatinu dochází k jeho hydrolýze a metabolizuje se stejně jako jiný dietetický protein. Jelikož má thaumatin nulový glykemický index, je vhodný pro diabetické pacienty. (Jain & Grover 2015)

3.8.10 Neohesperidin DC E 959

Neohesperidin dihydrochalkon, označovaný také jako NHDC, je přírodní sladidlo získané extrakcí z hořkých látek grapefruitových slupek, nebo nezralých citrusových plodů *(Citrus aurantium L.)* a poté ošetřené louhem a přeměněno na Neohesperidin DC. Je až

1 500krát sladší než sacharóza. Evropskou unií byl neohesperidin dichalkon schválen roku 1994, v USA není schválen jako sladidlo, ale pouze jako zvýrazňovač chuti. Jeho sladká chuť nastupuje i odeznívá pomalu a připomíná mentol. Je termostabilní, ale rozpustný je jen v horké vodě (Carocho 2017).

Jednou z funkcí je kombinace s jinými sladidly, kde maskuje jejich nežádoucí chuť a má s nimi i synergický účinek. Používá se k zahušťování tekutých potravin, jako stolní sladidlo, v pekařských výrobcích, mražených krémech, džemech, mléčných produktech, nápojích, instantní kávě či čaji. Také se využívá v pivovarnictví, jako přísada do zubních past či ústních vod a do doplňků stravy (Carocho 2017).

Jeho hodnota ADI je velmi vysoká, a to 35 mg/kg tělesné hmotnosti. Bezpečností testy prokázaly to, že neohesperidin DC nevykazuje toxické, mutagenní ani karcinogenní vlastnosti. NHDC je snadno metabolizován střevními mikroorganismy na neškodné produkty (EFSA 2010).

3.9 Umělá sladidla

V posledních dvou desetiletích rostoucí obavy z nadměrného výskytu diabetu 2. typu a obezity vedly ke zvýšení dostupnosti a používání umělých sladidel. Většina umělých sladidel je chemicky syntetizována a jsou vysoce intenzivní, proto jsou označovány jako umělá, syntetická nebo intenzivní. Jelikož k uspokojení sladké chuti je jich potřeba jen velmi malé množství, činí to z nich finančně efektivní možnost ke slazení. Na rozdíl od běžného stolního cukru, tradičních sladidel a cukerných alkoholů neposkytují umělá sladidla prakticky žádnou energetickou hodnotu, jelikož nejsou v těle metabolizována.

Umělá sladidla v současnosti schválena pro použití v Evropské unii a v České republice jsou aspartam (E 951), sacharin (E 954), acesulfam-K (E 950), cyklamát (E 952), neohesperidin DC (E 959), sukralóza (E 955), thaumatin (E 957) a glykosidy steviolu (E 960).

3.9.1 Aspartam E 951

Aspartam byl objeven v roce 1965 Jamesem Schaltterem. Je to umělé, nízkokalorické sladidlo přibližně 180-200krát sladší než sacharóza. Aspartam je dipeptid složen ze dvou aminokyselin, a to z L-asparagové kyseliny a z L-fenylalaninu. Je termolabilní, při vysokých teplotách se rozpadá na jeho výchozí složky a ztrácí svou sladkou chuť. Naopak převládá chuť nahořklého aspartamu, proto se jím sladí až výrobky po upečení. Jelikož svou sladkou chuť ztrácí také při dlouhodobém skladování, používá se v kombinaci s jinými sladidly, aby se tím zvýšila jeho termostabilita (Gupta 2018).

Aspartam je povolen v široké škále potravinářských výrobků. Patří mezi ně stolní sladidla, dezerty, jogurty, zmrzliny, pečivo, džemy, různé sladkosti, omáčky, dresinky, nealkoholické a povzbuzující nápoje (Mortensen 2016)

Poločas rozpadu aspartamu je v gastrointestinálním traktu několik minut. Můžou za to enzymy ve střevě, jako jsou peptidázy a esterázy, které urychlují jeho hydrolýzu. Vzniklým produktem je methanol, kterého se uvolňuje maximálně 10 hmotnostních procent, dále 50 hmotnostních procent fenylalaninu a 40 hmotnostních procent kyseliny asparagové. Všechny

tyto tři složky tělo využívá stejným způsobem, jako když je získá z jiných potravinových zdrojů, jako je například mléko, ovoce a zelenina (Mortensen 2016).

ADI je pro aspartam 40 mg/kg. K dosažení této hodnoty by bylo zapotřebí sníst přibližně 1 kg sladkostí obsahující 2000 mg/kg aspartamu, nebo vypít 4 litry nealkoholických nápojů obsahující 600 mg/l aspartamu (Mortensen 2016).

3.9.2 Acesulfam-K E 950

Acesulfam-K byl objeven v roce 1967 německým chemikem Karlem Claussem, který si všiml jeho sladké chuti, když si omylem olízl prst v laboratoři. Je to bílý krystalický prášek bez zápachu a s čistou sladkou chutí přibližně 200krát sladší než sacharóza (Mortensen 2016).

Vzhledem k jeho stabilitě i za vyšších teplot je vhodný k pečení a vaření. Zejména se využívá ke snížení hořké chuti u aspartamu. Sám o sobě má také nahořklou chuť, proto se používá v kombinaci s ostatními sladidly. Přidává se do nápojů, sladkého pečiva, dezertů, mražených krémů, bonbónů, mentolových tablet a také do tekutých přípravků proti kašli (Mortensen 2016).

Po požití se acesulfam-K téměř úplně absorbuje v tenkém střevě a poté je distribuován po těle. Není však metabolizován a vylučuje se tak v nepřeměněné formě močí během 24 hodin. V těle tedy nedochází k jeho hromadění. Hodnota ADI pro acesulfam-K je stanovena na hodnotu 9 mg/kg (Mora&Dando 2021).

3.9.3 Neotam E 961

Neotam je nejnovější syntetické sladidlo. Jedná se o 30krát sladší derivát aspartamu a je 7000-13 000krát sladší než sacharóza. Na rozdíl od aspartamu je však více tepelně stabilní. Poprvé byl připraven ve Francii v roce 1991. Byl FDA schválen jako univerzální sladidlo v roce 2002, ale stále se používá jen v omezeném množství (Gupta 2018).

Používá se do pekárenských výrobků, nealkoholických nápojů, mražených krémů, polev, pudinků, džemů, sirupů a žvýkaček (Mortensen 2016).

Pokud jde o metabolizaci, polovina neotamu projde trávicím traktem v nezměněné formě močí nebo stolicí. Druhá polovina se v těle rychle metabolizuje na deesterifikovaný neotam a methanol. Vzhledem k tomu, že se ho do potravin přidává jen velmi malé množství, je příjem methanolu považován za zanedbatelný ve srovnání s příjmem z jiných potravinových zdrojů, tudíž nemá ani negativní vliv na střevní mikrobiotu. Jelikož neotam není přímo metabolizován na fenylalanin a přítomnost této aminokyseliny je téměř zanedbatelná, není považován za zdravotně nebezpečný pro osoby trpící fenylketonurií (Mortensen 2016).

Co se týká jeho bezpečnosti, byl podroben řadě testů, ve kterých nebyla zjištěna žádná toxicita ani při dávkách vyšších, než je jeho ADI (2 mg/kg) (Mortensen 2016).

3.9.4 Alitam E 956

Alitam je 2 000krát sladší než sacharóza a přibližně 10krát sladší než aspartam. Na rozdíl od aspartamu není jeho chuť doprovázena žádnou pachutí. Jedná se neenergické sladidlo složené z kyseliny asparagové a D-alaninu náhodně objeveným v roce 1965 (Kapadiya & Aparnathi 2017).

Je stabilní při vyšších teplotách, ale při dlouhodobém skladování dochází ke změnám jeho chuti. Jeho stabilita vůči pH je v porovnání s aspartamem až dvojnásobně vyšší, čehož se využívá hlavně u pasterovaných výrobků, u potravin s neutrálním pH a tepelně opracovaných výrobků. Dále se jeho využití uplatňuje v široké škále potravinářských výrobků, jako jsou pekařské výrobky, mléčné dezerty a krémy, sirupy, džemy, želé, těstoviny, sladké omáčky, pomazánky, sladkosti, nealkoholické a mléčné nápoje (Varzakas et al. 2012).

V těle se metabolizuje na alanin amid a asparagovou kyselinu, která je dále metabolizována a alanin amid je vyloučen v nezměněné formě močí (Kapadiya & Aparnathi 2017).

V roce 2002 byla přezkoumávána jeho bezpečnost společností JEFRA. Ta došla k závěru, že by alitam mohl vykazovat známky karcinogenity. V České republice ani v Evropské unii není zatím povolen. Jeho používání je povoleno V Mexiku, Číně, na Novém Zélandu a Austrálii jako sladidlo do potravin a nápojů (Chattopadhyay 2014).

3.9.5 Cyklamát E 952

Cyklamát byl objeven náhodně v roce 1937 Michaelem Svedem, poté byl schválen v roce 1958 FDA. V roce 1970 mu však byl odebrán status GRAS a byl zcela zakázán. Cyklamát je dobrým příkladem legislativních rozporů mezi EU a USA. V EU je použití cyklamátu včetně jeho solí opět povoleno, kdežto v USA se čeká na jeho opětovné schválení a je tak stále zákaz jeho používání (Carocho 2017).

Cyklamát je 35-50krát sladší než sacharóza. Jednou z nevýhod je jeho mírně kyselá chuť, proto se používá v kombinaci se sacharinem. Jeho tepelné stability se využívá při pečení, vaření a zpracování potravin. Dále se používá v dezertech, nealkoholických nápojích, konzervovaném ovoci a samostatně jako stolní sladidlo (Carocho 2017).

Příčinou pro vznik zákazu používání cyklamátu byla studie, která dávala do souvislosti metabolizaci cyklamátu na cyklohexylamin, což je toxická sloučenina spojována s rakovinou močového měchýře, což prokázaly také testy na laboratorních krysách. U krys se také dále objevily vrozené vady, mutace a rakovina varlat. Nejnovější studie však toto tvrzení vyloučily. Problém je hlavně v tom, že někteří lidé cyklamát vůbec nemetabolizují a někteří naopak až z 85 %. Schopnost vstřebávat cyklamát je nižší u Evropanů a Severoameričanů, kdežto u Japonců je tato schopnost mnohem vyšší. Tato schopnost se však také mění u stejných lidí ze dne na den. V současné době převládá názor, že cyklamáty přímo rakovinu nezpůsobují, ale zvyšují sílu jiných karcinogenů. Není vhodné překračovat jeho doporučenou hodnotu ADI, a to 7 mg/kg. Není doporučován dětem ani těhotným a kojícím ženám (Carocho 2017, Čopíková et al. 2013).

3.9.6 Sacharin a jeho sole E 954

Sacharin byl v roce 1878 náhodně objeven vědci z Johns Hopking Univerzity v Baltimoru. Jedná se o nejstarší a nejvíce používané neenergetické syntetické sladidlo. Systematický název pro sacharin je 2,3-dihydro-3-oxobenzisosulfonazol. Je to bílá krystalická látka. Není ve vodě rozpustný, obvykle se proto používá jeho sodná a vápenatá sůl. Při jeho použití se kombinuje s ostatními syntetickými sladidly, nejčastěji s aspartamem a cyklamátem,

jelikož má nahořklou chuť. Jeho sladivost je asi 300-500krát sladší než sacharóza (Mora & Dando 2021).

V přírodě se přirozeně nevyskytuje. Vzniká jako vedlejší produkt při výrobě uhlí a synteticky se vyrábí z toluenu. Má výbornou tepelnou stabilitu, je proto využíván ve výrobcích potřebující tepelnou úpravu. Vyskytuje se v pečivu, džemech, také v nakládaných okurkách a kysaném zelí. Dále v mléčných výrobcích včetně jogurtů, majonéz, různých dresinků a zmrzlin. V nealkoholických i alkoholických nápojích, také v ovocných džusech. Přidává se do cukrovinek, žvýkaček a zubních past. Jeho nejznámější podoba je jako stolní sladidlo (Varzakas et al. 2012).

V roce 1977 ho chtěla FDA zakázat, protože studie u potkanů prokázaly možnou souvislost s rakovinou močového měchýře. Během dalších studií způsoboval sacharin u myší zhoubné nádory vaječníků, dělohy, kůže a ostatních orgánů. Jeho nežádoucí účinky se spojují s nečistotami obsažených v tomto sladidlu. Bylo dále provedeno mnoho studií, ale žádná jasně neprokázala vztah mezi konzumací normální dávku sacharinu a vznikem karcinomu u člověka. Sacharin se proto může přidávat do potravin dál, jen však v určitém množství a jeho výskyt musí být uveden na obalu (Chattopadhyay et al. 2014).

Jeho přípustná denní dávka, tedy hodnota ADI se udává do 5mg/ kg tělesné hmotnosti (Chattopadhyay et al. 2014).

3.9.7 Sukralóza E 955

Sukralóza byla objevena roku 1976 ve firmě Tate & Lyle, ve spolupráci s výzkumníky z King's College London. Její schválení probíhalo postupně v různých zemí. V Kanadě byla schválena již roku 1991, v USA v roce 1998 a v Evropské unii až v roce 2004 pod kódem E 955. Je přibližně 600krát sladší než sacharóza, dvakrát sladší než sacharin a třikrát tak sladká než aspartam. Je dobře rozpustná ve vodě a stabilní vůči vysokým teplotám a široké škále pH, proto je vhodná při pečení, nebo v produktech s dlouhou trvanlivostí (Carocho 2017).

Používá se jako samostatné sladidlo, jako sladidlo do dezertů, sladkých omáček, mražených mléčných výrobků, sladkostí, žvýkaček, ovocných džusů, instantních a hotových jídel a koření. Slouží jako přídavek do některých léků. Dále se používá do sycených a nesycených nealkoholických nápojů (Carocho 2017).

Sukralóza nemá vliv na tělesnou hmotnost, glykémii ani lipidový profil. Zkonzumovaná sukralóza se přímo vylučuje stolicí. Není v těle metabolizována, takže neposkytuje žádnou energetickou hodnotu. Ve střevě tudíž nedochází k její hydrolýze. 85-97 % neabsorbované sukralózy odchází z těla stolicí, zbylé 3-4 % jsou konjugovány kyselinou glukoronovou a jsou vyloučeny z těla močí (Račická 2012).

Na počátku století bylo poukazováno v rámci výzkumů na možnou souvislost sukralózy a rakoviny. To však vyvrátil článek autorů Berry et al. (2016), kteří objasnili, že neexistuje spojitost sukralózy a vzniku rakoviny, a to ani v dávkách vyšších než ADI (15 mg/kg).

Sukralóza je považována za bezpečné sladidlo pro veškerou populaci, včetně lidí s chronickými zdravotními problémy, jako je například diabetes mellitus, pro těhotné a kojící ženy i děti (Tandel 2011).

3.10 Onemocnění spojená s alternativními sladidly

3.10.1 Diabetes mellitus

Diabetes mellitus je metabolická porucha, při níž dochází k narušení metabolismu glukózy. Vyznačuje se vysokou hladinou krevního cukru, inzulínovou rezistencí, nebo nedostatkem inzulínu. Inzulín je hormon produkován slinivkou břišní pomáhající dostat přijatou glukózu z potravy do buněk tak, aby mohla být využita pro energii (Mathur et al. 2020).

Nejčastější formy tohoto onemocnění jsou diabetes mellitus 1. a 2. typu. Diabetes mellitus 1. typu je autonomní onemocnění ß-buněk Langerhansových ostrůvků slinivky břišní, což zapříčiňuje, že nedochází k tvorbě inzulínu ani jeho uvolňování v dostatečném množství. Může být diagnostikován v jakémkoliv věku, nejčastěji však ve věku dětském. Mezi jeho běžné příznaky patří zvýšená žízeň, časté močení a nevysvětlitelně rychlý úbytek hmotnosti. U diabetu mellitu 2. typu je inzulín produkován, ale dochází k narušení jeho syntézy a zároveň k inzulínové rezistenci cílových buněk. Výskyt diebetu mellitu 2. typu se v posledních letech rapidně zvýšil, především kvůli špatným stravovacím návykům a nedostatku pohybové aktivity. Vyskytuje se nejčastěji u dospělé populace, ale věk výskytu se stále snižuje. V posledních letech dochází k masivnímu nárůstu tohoto onemocnění i u dětí a dospívajících. Obecně lze říct, že právě diabetes mellitus 2. typu patří mezi největší zdravotní problémy 21. století (Ban et al. 2020).

Léčba diabetu 1. typu zahrnuje pravidelné podávání inzulínu. U léčby diabetu 2. typu se za prvotní léčbu považují dietní opatření, včetně podávání antidiabetik. Pokud léčba nezabírá, nebo k těmto opatřením vůbec nedojde, je pacientům podáván inzulín. Tento hormon se podílí na regulaci glukózy. Za normálních fyziologických podmínek dochází k jeho tvorbě v malém množství neustále. Ve větším množství je produkován po požití stravy, kdy dochází ke zvýšení glykémie. Hlavním úkolem inzulínu je snížení glykémie na základě přenosu glukózy do buněk (Martin et al. 2012).

Konzumace nutričních sladidel, jako je sacharóza, fruktóza nebo glukózovo-fruktózový sirup, je považována za příčinu rozvoje epidemie diabetu 2. typu. Největší příjem jednoduchých cukrů ve stravě jsou slazené nápoje. Častá a dlouhodobá konzumace těchto výrobků je právě spojena s rizikem rozvoje diabetu 2. typu. Po konzumaci slazených nápojů s vysokým obsahem jednoduchých cukrů nenastupuje takový pocit sytosti, jako při konzumaci pevné stravy se stejnou energetickou hodnotou, proto je snadné překročit denní doporučený energetický příjem a zvýšit tak riziko nadváhy a následně obezity (Ban et al. 2020).

Xylitol a erythritol jsou považovány za vhodnou alternativu k běžnému stolnímu cukru při diabetu, jelikož udržují konstantní hladinu cukru i lipidů v krvi. Studie provedená v roce 2021 se zabývala tím, zda dlouhodobý příjem xylitolu v dávce 8 g denně a erythritolu v dávce 12 g denně po dobu pěti až sedmi týdnů, ovlivňuje absorpci glukózy u lidí s obezitou. Výsledek studie byl ten, že dlouhodobý příjem výše zmíněných polyalkoholů neovlivňuje střevní absorpci glukózy u jedinců trpící obezitou. Výsledky tedy naznačují, že xylitol a erythritol mohou být bezpečně konzumovány i s ohledem na vstřebávání glukózy. Mohou být tedy použity jako alternativy běžného stolního cukru, a to i u pacientů trpící diabetem (Bordier et al. 2021). Tento výsledek potvrdila již dříve uskutečněná dvojitě zaslepená studie u štíhlých a obézních jedinců provedená Wölnerhanssen et al. z roku 2016, kdy bylo jedincům podáváno

50 g xylitolu, 75 g erythritolu a 75 g glukózy rozpuštěno ve vodě. Obézní skupina konzumující polyalkoholy vykazovala zvýšení koncentrace glukózy v krvi ve srovnání se skupinou štíhlých jedinců, nicméně tato glukózová odpověď byla mnohem nižší než u jedinců, kterým byla podávána glukóza.

Nápoje bez cukru, známé pod pojmem dietní nápoje jsou prezentovány jako dobrá součást lidské stravy, jelikož neposkytují téměř žádnou energetickou hodnotu. V posledních letech se začínají zkoumat jejich účinky na rozvoj diabetu mellitu 2. typu. Tyto účinky jsou charakterizovány zvýšenou chutí na sladké a energeticky bohaté potraviny, které se spolu, nebo po dietních nápojích konzumují. V roce 2009 byla provedena studie zabývající se konzumací dietních nápojů a rizikem rozvoje diabetu 2. typu. Tato studie prokázala o 67 % vyšší riziko vzniku diabetu 2. typu u jedinců konzumující dietní nápoje se sladidly než u jedinců, kteří tyto nápoje nekonzumovali (Nettleton et al. 2009).

Rozsáhlá studie z roku 2017 zkoumala vliv umělých sladidel na zvýšené riziko diabetu 2. typu. Studii se podrobilo 61 440 žen, které byly sledovány v letech 1993-2011. Byly rozděleny do dvou skupin. Na ženy, které nekonzumovaly, nebo konzumovaly jen výjimečně umělá sladidla a ty, které je konzumovaly každý den nebo velmi často. U druhé skupiny, tedy u žen, které konzumovaly umělá sladidla každý den nebo velmi často, bylo zvýšené riziko diabetu 2.typu. Tato studie tedy naznačila, že jak vyšší frekvence, tak delší konzumace umělých sladidel byla spojena s rizikem diabetu 2. typu (Fagherazzi et al. 2017).

3.10.2 Obezita

Obezita je stále hlavním problémem veřejného zdraví. Její prevalence se dramaticky zvýšila, a to hlavně v dětské populaci. Obezita je spojena s řadou metabolických poruch, mezi které patří hypertenze, hyperglykémie a dyslipidémie. Tyto metabolické poruchy se často označují pod souhrnným názvem metabolický syndrom. V současné době má nadváhu či obezitu 1,3 miliardy lidí po celém světě (Oussaada et al. 2019). Nejnovější poznatky ohledně optimálního příjmu potravy se pohybují kolem konzumace jednoduchých cukrů, kdy je rychlý nárůst prevalence obezity připisován právě nadměrné spotřebě jednoduchých cukrů ve stravě. (Mooradian et al. 2017)

Polyalkoholy mají nižší energetickou hodnotu než sacharóza, a proto jsou využívány právě v terapii obezity. Často jsou konzumenty upřednostňovány před umělými sladidly hlavně kvůli tomu, že nemají nepříjemnou pachuť. U xylitolu bylo zjištěno, že jeho dlouhodobá konzumace vede ke stimulaci genů mastných kyselin v játrech, a tím podporuje odbourávání lipidů v tukové tkáni. Také zabraňuje nadměrnému ukládání viscerálního tuku okolo orgánů a dokáže snížit hyperglykémii vyvolanou po požití sacharózy (Amo et al. 2011).

Vzhledem k tomu, že umělá sladidla neobsahují žádné nebo jen velmi malé množství kalorií, dalo by se očekávat, že mohou přispívat ke snížení celkového denního příjmu energie, a tím ke snížení tělesné hmotnosti. Přesto existují kontroverze, zda umělá sladidla ovlivňují chuť k jídlu, hlad a stravovací návyky a zda jsou tyto účinky prospěšné (Pang et al. 2021).

Několik velkých kohortových studií prokázalo korelaci mezi užíváním umělých sladidel a přírůstkem tělesné hmotnosti. Studie San Antonio Heart Study, která probíhala v rozmezí sedmi až osmi let u jedinců s normálním BMI ukázala, že konzumace více než 21 nápojů slazených umělými sladidly byla spojena s téměř dvojnásobným rizikem nadváhy a obezity,

než když jedinci nepili žádné nápoje obsahující umělá sladidla. Další studie American Cancer Society prováděná na ženách ve věku 50-69 let prokázala, že u žen, které konzumovaly během roku umělá sladidla šla jejich tělesná hmotnost výrazně nahoru než u těch, které umělá sladidla nekonzumovaly, a to bez ohledu na jejich počátečním BMI, kdy byl přírůstek na váze 0,3-0,6 kg (Mooradian et al. 2017).

Další randomizovaná kontrolovaná studie porovnávala účinky nízkokalorických sladidel sacharinu, aspartamu, sukralózy a steviol glykosidů na tělesnou hmotnost, potravní chování a glukózovou toleranci ve srovnání se sacharózou. Bylo zjištěno, že u lidí významně zvyšuje tělesnou hmotnost, podobně tak, jako u hlodavců (Higgins & Mattes 2019).

Vliv konzumace umělých sladidel na přírůstek hmotnosti může mít také to, že umělá sladidla neuspokojují pocit sytosti v hypotalamu stejným způsobem jako cukr. To má následné účinky na trávení, absorpci živin a metabolismus (Pearlman et al. 2017).

Lze tedy říct, že konzumace umělých sladidel má buďto neutrální, nebo pozitivní vliv na hmotnostní bilanci. Ovšem je třeba dalších studií, aby se vyvodily jednoznačné závěry a vlivy nahrazení přírodních sladidel umělými na tělesnou hmotnost. Konzumace umělých, ačkoli nenutričních sladidel, může vést k uvolňování inzulinu. Organismus v závislosti na sladkou chuť očekává zvýšení glykémie a začne produkovat inzulin. Ke zvýšení glykémie však u nenutričních sladidel nedochází a může tak nastat hyperinsulinémie neboli zvýšená hladina inzulínu v krvi, která patří do ukazatelů inzulínové rezistence a způsobuje přibírání na váze v důsledku zvětšení a zmnožení tukových buněk (Pearlman et al. 2017).

Alsunni (2020) však tvrdí, že na základě nynějších dostupných údajů nelze tvrdit, že syntetická sladila přímo souvisí s rozvojem diabetu II. typu, metabolismem glukózy a obezitou.

3.10.3 Zubní kaz

Zubní kaz je nejčastějším onemocněním dutiny ústní. Hlavní příčinou je sacharóza, která v ústech zvyšuje objem zubního plaku a usnadňuje přichycení bakterií *Streptococuc mutans* způsobující právě zubní kaz. Snížením množství cukru ve stravě populace, zejména dětí, je důležitým faktorem pro prevenci zubního kazu. Náhradní sladidla nabízejí alternativu cukru ve sladké chuti, a navíc je většina z nich nekariogenní (Gupta 2018).

Výhoda polyalkoholů je v tom, že nejsou, nebo jsou jen velmi málo fermentovány v dutině ústní, tedy jsou nekariogenní povahy. Dalším plusem je schopnost podporovat remineralizaci zubní skloviny. Díky těmto vlastnostem jsou často přidávány do žvýkaček, zubních past a ústních vod. Vzhledem však k jejich laxativním účinkům nejsou doporučovány pro děti mladší tří let (Gupta 2018).

Nejvýznamnějším polyalkoholem spojeným se zdravím zubů je xylitol. Xylitol snižuje tvorbu plaku, inhibuje demineralizaci skloviny a má inhibiční účinek na bakterie. Z provedené studie v roce 2019 vyplývá, že při slazení xylitolem došlo u jedinců ke snížení výskytu zubního kazu, jelikož měli méně zubního plaku a v ústní dutině se u nich vyskytovaly nižší počty *Streptococcus mutans,* zodpovědné právě za zubní kaz. Tohoto výsledku bylo dosaženo při denní spotřebě 5-6 g xylitolu. Výsledky také ukázaly, že pokud ženy žvýkaly žvýkačky s obsahem xylitolu v těhotenství, jejich děti měly o 70 % méně mikroorganismů rodu *Streptococcus mutans,* i když ony samy žvýkačky nežvýkaly (Jain 2019).

Dalším polyalkoholem inhibující *S. mutans* je erythritol. Tento polyalkohol není využíván ústními bakteriemi, a tedy nedochází ke tvorbě kyselin. Ve studii z roku 2014 bylo zjištěno, že u dlouhodobých účinků konzumace xylitolu a erythritolu na vznik zubního kazu, se jako efektivnější prokázal erythritol (Honkala et al. 2014).

Sorbitol je v oblasti prevence zubního kazu vzhledem ke xylitolu a erythritolu nejméně účinný. Kvůli své nízké ceně je nejhojněji používán při výrobě žvýkaček i zubních produktů. Je nízkokariogenní, jelikož část mikroorganismů v dutině ústní je tento polyol schopna fermentovat (Burt 2006).

Jelikož umělá sladidla neobsahují žádné fermentovatelné cukry, jsou tzv. nekariogenní. Studie z roku 2021 provedená s acesulfanem-K, aspartamem, sacharinem a sukralózou potvrdila, že všechna tato sladidla potlačovala růst zubního plaku, snížila tvorbu kyselin a také snížila celkový počet bakterií *Streptococcus mutans* (Zhu et al. 2021).

3.10.4 Nealkoholické ztučnění jater

Nealkoholické onemocnění jater je onemocnění charakterizované hromaděním nadbytečného tuku v játrech u lidí, kteří pijí málo nebo vůbec žádný alkohol. NAFLD je rozšířené onemocnění, jeho prevalence je v populaci přibližně 30-40 % u mužů a 15-20 % u žen. NAFLD zvyšuje celkovou úmrtnost o 57 % a zdvojnásobuje riziko diabetu 2. typu (Emamat et. al 2020).

Rostoucí množství studií potvrzuje, že strava, fyzická aktivita a genetická predispozice ovlivňují střevní mikroflóru, a tím také jaterní metabolismus a zánětlivý stav jater. Obezita, hromadění viscerálního tuku, diabetes 2. typu, výživa, stravovací návyky a střevní dysbióza jsou možné faktory podílející se na zahájení NAFLD (Emamat et. al 2020).

Umělá sladidla jsou stále častěji zkoumána a prokazuje se, že mají potenciální roli ve střevní dysbióze, je zde možná souvislost s příjmem umělých sladidel a vzniku NAFLD (Emamat et. al 2020).

3.10.5 Střevní mikrobiom

Střevní mikrobiom lze charakterizovat jako komplexní ekosystém, kde se vyskytuje více než 100 bilionů mikrorganismů, zejména bakterií, virů a hub, který hraje mnoho důležitých rolí. Mikroorganismy ve střevě využívají své enzymy, které nejsou zakódovány, způsobují nárůst v lidském genomu a umožňují tělu dodat energii z jinak nestravitelných potravin. Změny v mikrobiomu vedou ke změně vstřebávání energie a ovlivnění tak ukládání tělesného tuku (Cabral et al. 2018).

Mikrobiom je, stejně jako otisk prstu, individuální, ale přesto ho může ovlivnit řada faktorů, jako je genetika, strava, stres, změny prostředí a antibiotická léčba. Zdravý stav střevní mikroflóry se skládá z nízkého počtu patogenních mikroorganismů, jako jsou *Campylobacter jejuni, Salmonella enterica, Vibrio cholerae* a vyššího počtu těch nepatogenních, jako je například rod *Bacteroides, Prevotella* a *Ruminococcus*. Hlavním spouštěčem změn v mikrobiotě je druh přijímané potravy. Jak kvantitativní, tak kvalitativní změna ve složení střevní mikroflóry je označovaná pojmem střevní dysbióza, která může nepříznivě ovlivnit tělesný metabolismus i imunitní reakce (Emamat et. al 2020).

Polyoly, zvláště ty, které se vyznačují nízkou absorpcí v tenkém střevě a také nízkým vylučováním stolicí, mají pozitivní účinek na růst gastrointestinálních mikroorganismů v trávicím traktu. Jedná se hlavně o maltitol a laktitol, které způsobují nárůst laktobacilů a bifidobakterií prospěšných pro správnou činnost střeva. Xylitol zase vykazuje probiotické účinky, čímž pozitivně ovlivňuje aktivitu střevních mikroorganismů. Produktem fermentace polyolů je butyrát, který slouží jako zdroj energie pro střevní mikroorganismy a některé studie uvádějí, že zpomaluje růst rakovinotvorných buněk (Furusawa 2013; Daly et al. 2016).

U polyalkoholů je také znám jejich laxativní účinek, který způsobuje nadýmání a průjmy. Tyto zažívací potíže se různí v závislosti na druhu polyalkoholu, jeho dávce, také na hmotnosti jedince, složení současně konzumované stravy, druhu jídla a formě, ve které je polyalkohol pozřen (Mäkinen 2016).

Různá umělá sladidla se vstřebávají v různých oddílech střeva, například acesulfam-K a aspartam působí více v tenkém střevě, naopak sukralóza a stévie působí více ve střevě tlustém. Studie naznačují, že sukralóza může způsobit střevní dysbiózu tím, že snižuje celkový počet aerobních i anaerobních druhů mikroorganismů, jako jsou bifidobakterie, laktobacily, *Bacteriodes* a *Clostridiales* (Emmat et al. 2020).

Sacharin byl zkoumán kvůli negativnímu působení na střevní mikrobiom. Současné údaje naznačují, že sacharin může inhibovat růst šesti kmenů bakterií, tří kmenů laktobacilů a tří kmenů *E. coli.* Také zvyšuje celkový počet bakterií rodu *Bacteriodes,* které jsou přímo spojeny s přibíráním na váze a snížením celkového počtu prospěšných laktobacilů. Tyto změny souvisí se změnami v metabolických drahách spojených s glukózovou tolerancí a disbiózou. Naopak u aspartamu nebyly pozorované žádné účinky ovlivňující střevní mikrobiom. Je to nejspíše z toho důvodu, že je hydrolyzován již v tenkém střevě a velmi rychle rozkládán na jeho zbytkové složky, které se snadno vstřebávají a nedostanou se tak do tlustého střeva (Cabral et al. 2018; Emamat et. al 2020).

3.10.6 Těhotenství

Jelikož jsou umělá sladidla schopna prostupovat placentou k plodu a nacházejí se v mateřském mléce, existuje potencionální vztah mezi prenatální expozicí různých sladidel a složením střevních mikroorganismů v pozdějších letech života. Studie na zvířatech ukázaly, že konzumace acesulfam-K matkou, který prochází placentou během těhotenství, může potencionálně vést ke zvýšené preferenci sladkého v dospělosti (Moriconi et al. 2020).

Azad et al. (2016) prokázali, že konzumace uměle slazených nápojů matkou během těhotenství byla spojena s vyšším indexem tělesné hmotnosti kojenců, a to až s dvojnásobným rizikem nadváhy do jednoho roku kojenců. Toto tvrzení potvrdila také studie Plows et al. (2022), kde bylo zjištěno, že konzumace umělých sladidel během těhotenství, vede ke zvýšenému BMI v dětském věku a zvýšeným množstvím tělesného tuku od narození až o dospívání.

Prenatální expozice sukralózy podporuje diferenciaci adipocytů. Sukralóza také způsobuje celkovou dysbiózu střevní mikroflóry tím, že snižuje celkový počet aerobních i anaerobních druhů bifidobakterií, laktobacilů, *Bacteriodes* a *Clostridiales*. Tyto výsledky naznačují, že konzumace umělých sladidel během těhotenství by mohla mít vliv na diferenciaci

tukové tkáně potomků a podpořit tak dětskou obezitu. Kromě toho, ostatní umělá sladidla jsou schopna ovlivnit složení střevní mikrobioty u potomků, čímž mohou podpořit výskyt různých metabolických onemocnění v průběhu jejich života (Moriconi et al. 2020).

Metaanalýza provedena v roce 2021 odhalila, že každodenní konzumace umělých sladidel matkou byla spojena s vyšším rizikem předčasného porodu, se zvýšenou porodní hmotností dítěte o 24 g a se snížením gestačního věku. K dalšímu posouzení těchto vztahů je však zapotřebí dalších kvalitních výzkumů (Cai et al. 2021).

3.10.7 Rakovina

Rakovina byla v roce 2020 jednou z hlavních příčin úmrtí. Má na svědomí téměř 10 milionů úmrtí. Globální odhady popisují rostoucí trend této nemoci. Předpokládá se, že třetina případů je způsobena rizikovými faktory životního stylu, jako je kouření, konzumace alkoholu, strava bohatá na červené a zpracované maso, a naopak chudá na ovoce a zeleninu. Umělá sladidla se přidávají do široké škály potravin, nápojů a léků. Od jejich uvedení na trh informovala různá média o potenciálních rizikách rakoviny. Dnes má proto mnoho lidí při používají umělých sladidel smíšené pocity, jelikož si spojují zprávy s možnými riziky rakoviny a těmito látkami (Liu et al. 2021).

Vztah mezi konzumací umělých sladidel a rakovinou je složitým tématem, jelikož výčet umělých sladidel a typů rakoviny je velmi široký. Údaje o příjmu umělých sladidel a rizikách rakoviny jsou vzácné a z velké části nepodporují právě souvislost mezi příjmem umělých sladidel a vznikem rakoviny. Umělá sladidla jsou relativně krátkou dobu na trhu a chybí tak údaje z dlouhodobých studií na lidech, jsou k dispozici pouze krátkodobé studie a studie na zvířatech (Debras et al. 2022).

Prvním náznakem, že by konzumace umělých sladidel mohla vést ke zvýšenému riziku rakoviny, byla studie z roku 1970, která pozorovala zvýšený výskyt nádorů močového měchýře u potkanů krmených roztokem sacharinu sodného a cyklamátu sodného. Bylo pozorováno, že se cyklamát po konzumaci metabolizuje na toxický cyklohexylamin, který má nepříznivé účinky na funkci varlat u potkanů i u myší. V roce 1996 byla navržena souvislost mezi aspartamem a rizikem vzniku mozkových nádorů. Studie potvrdila vyšší výskyt mozkových nádorů a malignit u potkanů krmených aspartamem ve srovnání s kontrolní skupinou (Olney et al. 1996). Tato studie byla však velmi kritizována a následný systematický přehled metaanalýzy provedený v roce 2012, který zkoumal vliv aspartamu na hlodavce zjistil, že konzumace aspartamu nemá žádný významný karcinogenní účinek (Mallikarjun & Sieburth 2015).

Od předešlých tvrzení bylo provedeno mnoho studií zabývající se vlivem sacharinu na rakovinu močového měchýře. Některé studie pozorovaly inverzní vztah mezi umělými sladidly a rakovinou močového měchýře v Nagoji, ale může to být výsledek variability nebo zkreslení. Naopak další studie tento vliv nepotvrdily, ani nebyly zjištěny významné rozdíly v množství či délce používání umělých sladidel, a to ani v celoživotní spotřebě právě sacharinu (Liu et al. 2021). Ačkoli bylo zjištěno, že sodné soli sacharinu a cyklamátu prokazatelně zvyšují výskyt karcinomu močového měchýře u potkanů, je to pravděpodobně kvůli tomu, že vysoké dávky těchto umělých sladidel mají cytotoxické účinky pro urotel močového měchýře potkanů (Mishra et al. 2015). Výsledky všech dočasně provedených studií zabývajících se konzumací umělých sladidel a rizikem vzniku rakoviny močového měchýře ukázaly, že riziko rakoviny

močového měchýře a dolních cest močových bylo stejné jak u konzumentů umělých sladidel, tak u lidí, kteří umělá sladidla nekonzumovali. Nicméně mechanismy stojící za rakovinou močového systému související s umělými sladidly, jsou do značné míry neznámé (Liu et al. 2021).

Studie provedená v roce 2020 zaznamenala významnou souvislost mezi konzumací umělých sladidel, konkrétně aspartamu, acesulfamu-K, sacharinu a sukralózy s výskytem rakoviny štítné žlázy. Studie prokázala, že požitím průměrně 4 g umělého sladidla denně po dobu 5 let se zvyšuje riziko rakoviny štítné žlázy (Singh et al. 2020).

Studie publikovaná v únoru roku 2022 zkoumala vliv umělých sladidel, hlavně aspartamu a acesulfamu-K na riziko vzniku rakoviny u 102 046 dospělých jedinců. Výsledkem bylo, že konzumace umělých sladidel je spojena se zvýšeným rizikem všech typů rakoviny. Tento výsledek byl pozorován i u rakoviny prsu, kdy bylo zvýšené riziko vzniku tohoto typu rakoviny u konzumentů umělých sladidel než u lidí, kteří umělá sladidla nekonzumovali (Debras et al. 2022).

Jen málo studií naznačuje, že dlouhodobě vysoce užívaná dávka umělých sladidel může zvýšit riziko určitých malignit, proto jsou důkazy neprůkazné. Neexistují dostatečné důkazy, které by jednoznačně prokázaly, že konzumace umělých sladidel zvyšuje riziko rakoviny. K potvrzení vztahu mezi konzumací umělých sladidel a vznikem rakoviny je zapotřebí více údajů z velkých klinických studií (Liu et al. 2021).

4 Metodika

Mnoho lidí nemůže ze zdravotních a jiných důvodů používat běžná sladidla a je nucena přijímat alternativní. Metodikou práce bude dotazníkové šetření, které se pokusí zmapovat používání alternativních sladidel.

4.1 Dotazníkové šetření

4.1.1 Struktura dotazníku

Dotazník nesoucí název Alternativní sladidla ve výživě člověka byl sestaven tak, aby byl v souladu s cíli práce a získaná data mohla být využita k vyhodnocení stanovených hypotéz. Dotazník se skládal z celkem 15 otázek. Každý respondent odpovídal na všechny otázky. V dotazníku se vyskytovaly otázky především uzavřené, ale také polouzavřené. U některých otázek museli respondenti vybrat pouze jednu uvedenou odpověď, u zbylých byla možnost zvolit více odpovědí, či doplnit odpověď vlastní. V úvodu dotazníku byly uvedeny informace k dotazníku a mé představení. V závěru, po odeslání dotazníku, bylo poděkování respondentům za jejich čas a ochotu s vyplňováním dotazníku. Vzor dotazníku je uveden v příloze č. 1

4.1.2 Soubor respondentů

Dotazníkového šetření se zúčastnilo 100 respondentů, kteří byli charakterizováni jako obyvatelé České republiky. Věková hranice stanovena nebyla, jelikož v posledních letech přibývá dětské obezity a čím dál, tím více dětí konzumuje dietní nápoje s obsahem alternativních sladidle, chtěla jsem do dotazníkového šetření zahrnout právě i dětskou populaci

4.1.3 Sběr dat

Sběr dat byl realizován pomocí dotazníkového šetření, které bylo uskutečněno od 18. října 2021 do 15. prosince 2021. Dotazník byl sestrojen jak elektronicky, tak také v tištěné podobě. K vyplnění elektronické verze dotazníků sloužil elektronický odkaz, který jsem sdílela mezi své známé a poprosila je, aby ho, pokud možno přeposlali dál a také jsem ho sdílela na sociálních sítích. V tištěné podobě jsem ho rozdala svým babičkám a dědům, kteří ho následně roznesli mezi své známé, u kterých jsem věděla, že běžně internet nepoužívají. Samozřejmě byla zachována anonymita jednotlivých respondentů.

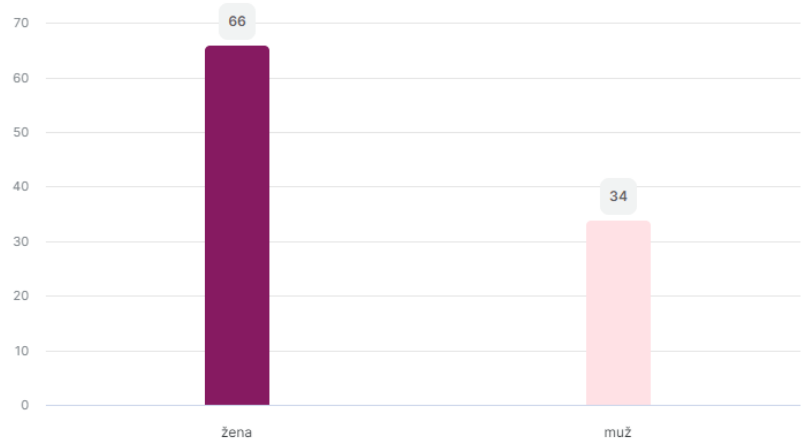
4.1.4 Zpracování dat

Výsledky dotazníkového šetření jsem zpracovala graficky v programu Microsoft Excel 2016. Pro statistické vyhodnocení dat jsem použila program STATISTICA 12, kde jsem zvolila chí-kvadrát test pro asociační tabulku a chí-kvadrát test pro kontingenční tabulku. Testovaní bylo provedeno na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

5 Výsledky

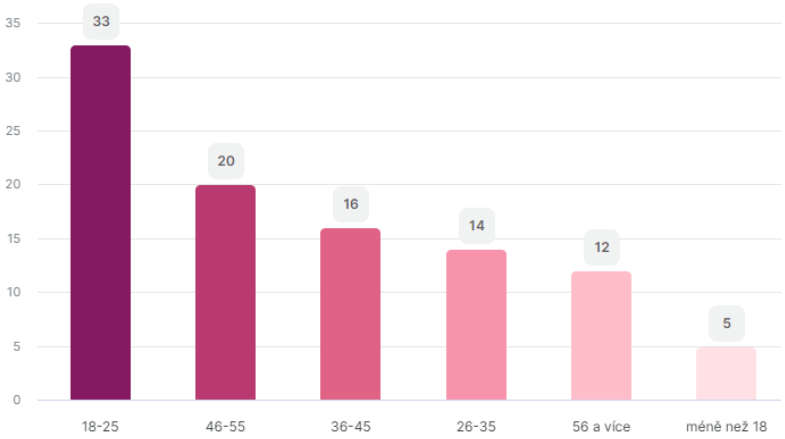
5.1 Výsledky dotazníkového šetření

Dotazníkové šetření absolvovalo celkem 100 respondentů. Podrobnější vyhodnocení je v níže uvedených grafech, kontingenčních a asociačních tabulkách.



Graf č. 1: Pohlaví respondentů

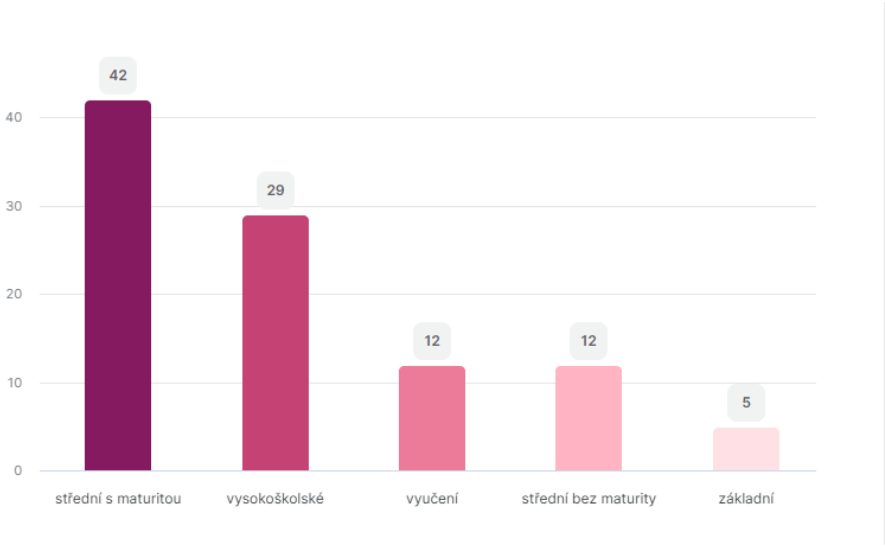
Na Grafu č. 1 je vidět, že většina dotazovaných respondentů byla ženského pohlaví. Tedy dotazníkového šetření se z celkového počtu 100 respondentů zúčastnilo celkem 66 žen a 34 mužů.



Graf č. 2: Věková skupina respondentů

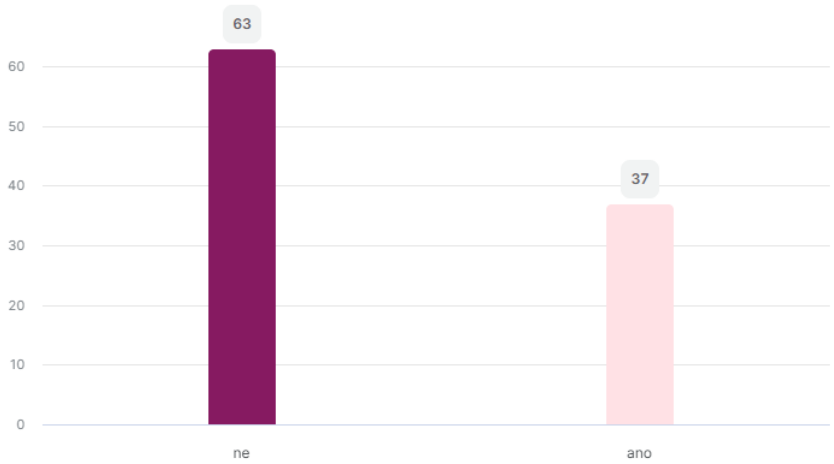
Věková skladba respondentů byla rozmanitá. Největší skupina respondentů spadala do věkové kategorie 18-25 let, která obsahovala 33 dotazovaných. Následovala skupina dotazovaných ve věku 46-55 let, ve které bylo 20 respondentů. 16 respondentů spadalo do skupiny ve věku 36-45 let. Ve skupině ve věku 26-35 let bylo 14 respondentů. Ve skupině nad

56 let bylo celkem 12 dotazovaných. Nejméně respondentů obsahovala skupina pod 18 let, a to s počtem 5 respondentů. Uvedené výsledky jsou poznamenány v Grafu č. 2.



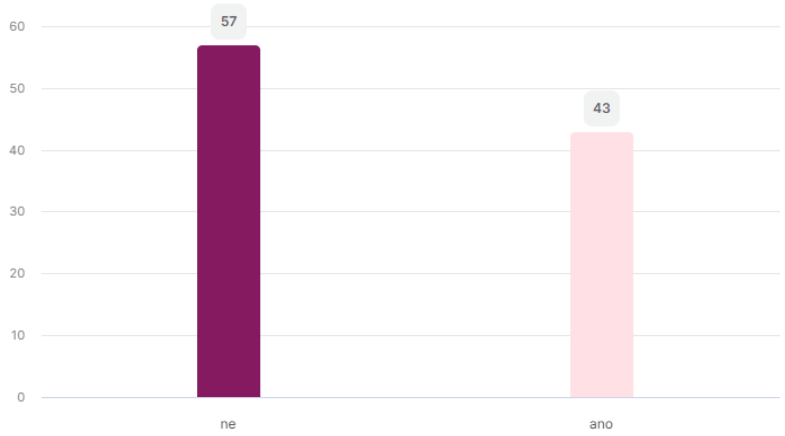
Graf č. 3: Nejvyšší dosažené vzdělání respondentů

Co se týče stupně dosaženého vzdělání, Graf č. 3 zobrazuje, že nejvíce mezi respondenty dominovalo středoškolské vzdělání s maturitou a vysokoškolské vzdělání. Ostatní respondenti měli střední vzdělání bez maturity, vyučení a nejméně základní vzdělání.



Graf č. 4: Sladidla na obalech z pohledu respondentů

Na otázku, zda respondenti sledují obsah alternativních sladidel na obalech, odpovědělo 63, že ne. Tedy pouze 37 respondentů sleduje obsah alternativních sladidel na obalech potravinových výrobků.



Graf č. 5: Obsah alternativních sladidel v nápojích či potravinách

To, jestli přítomnost alternativních sladidel ovlivňuje u respondentů jejich výběr nápojů či potravin, bylo zkoumáno u otázky číslo 5. Celkem 57 respondentů uvedlo, že přítomnost alternativních sladidel u nich neovlivňuje výběr potravin, naopak 43 respondentů odpovědělo, že alternativní sladidla jejich výběr ovlivňují.

Tabulka č. 4: Ovlivnitelnost respondentů výrobkami s obsahem alternativních sladidel v závislosti na pohlaví

	2-rozměrná tabulka: Pozorované četnosti (data1) Četnost označených buněk > 10		
pohlaví	ovlivňuje ano	ovlivňuje ne	Řádk. součty
žena	34	32	66
muž	9	25	34
Celk.	43	57	100

Tabulka č. 4 je asociační tabulka, která znázorňuje, zda obsah alternetivních sladidel ve výrobcích více ovlivňuje ženy nebo muže. Z tabulky je patrné, že výskyt alternativních sladidel ve výrobcích více ovlivňuje ženy než muže.

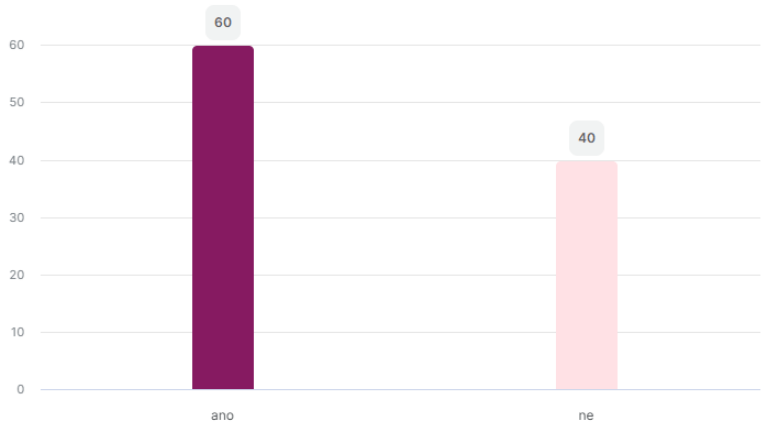
Tabulka č.5: Statistické vyhodnocení dat z Tabulky č. 4

	Statist. : pohlaví(2) x ovlivňuje(2) (data1)		
Statist.	Chí-kvadr.	sv	p
Pearsonův chí-kv.	5,742572	df=1	p=,01656
M-V chí-kvadr.	5,929488	df=1	p=,01489
Fí pro tabulky 2 x 2	,2396366		
Tetrachorická korelace	,3883409		
Kontingenční koeficient	,2330388		

1) H_0: Výběr potravin či nápojů s obsahem alternativních sladidel není závislý na pohlaví.
   H_1: Výběr potravin či nápojů s obsahem alternativních sladidel je závislý na pohlaví.
2) $\alpha = 0,05$

3) Chí-kvadrát pro asociační tabulku
4) p= 0,01656<α → zamítáme nulovou hypotézu
5) Výběr potravin či nápojů s obsahem alternativních sladidel je závislý na pohlaví.

Z tabulky č. 5 lze vyhodnotit, že nemůžeme zamítnout nulovou hypotézu (p <0,05), tedy že, přítomnost alternativních sladidel v potravinách či nápojích ovlivňuje u respondentů jejich výběr je závislá na pohlaví.



Graf č. 6: Preference nápojů či potravin s obsahem alternativních sladidel

Většina respondentů, konkrétně 60, uvedla, že kupují nápoje nebo potraviny s obsahem alternativních sladidel. Naopak 40 respondentů uvedlo, že nekupuje nápoje ani potraviny, ve kterých se vyskytují alternativní sladidla.

Tabulka č. 6: Nákup potravin či nápojů s obsahem alternativních sladidel v závislosti na pohlaví

	2-rozměrná tabulka: Pozorované četnosti (data1) Četnost označených buněk > 10		
pohlaví	kupuji ano	kupuji ne	Řádk. součty
žena	41	25	66
muž	19	15	34
Celk.	60	40	100

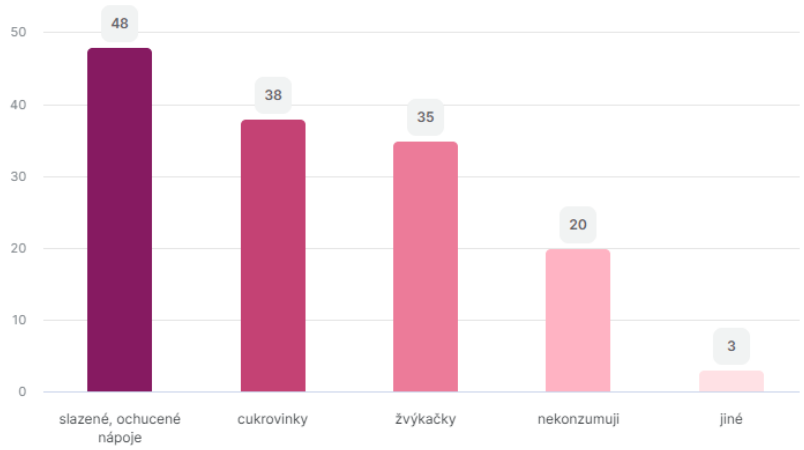
Tabulka č. 6 je asociační tabulka znázorňující kolik žen a mužů kupuje potraviny či nápoje s obsahem alternativních sladidel. Z tabulky lze vidět, že častěji výrobky s obsahem alternativních sladidel kupují ženy než muži.

Tabulka č.7: Statistické vyhodnocení dat z Tabulky č. 6

Statist.	Statist. : pohlaví(2) x kupuji(2) (data1)		
	Chí-kvadr.	sv	p
Pearsonův chí-kv.	,3639334	df=1	p=,54633
M-V chí-kvadr.	,3622797	df=1	p=,54724
Fí pro tabulky 2 x 2	,0603269		
Tetrachorická korelace	,0982669		
Kontingenční koeficient	,0602174		

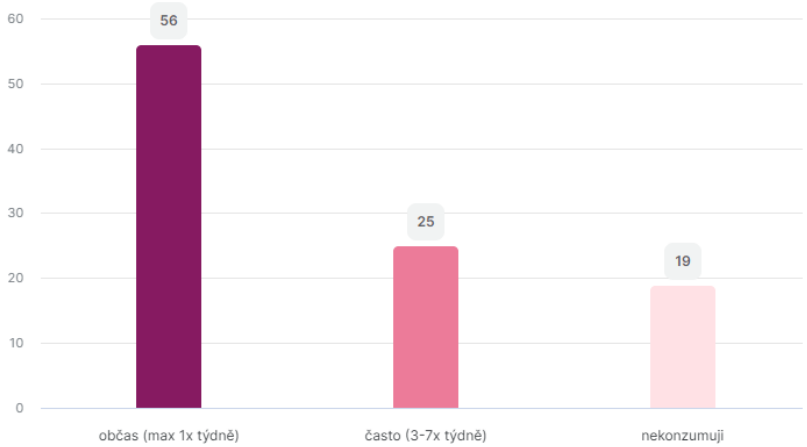
1) H_0: Nákup potravin či nápojů s obsahem alternativních sladidel není závislý na pohlaví.
   H_1: Nákup potravin či nápojů s obsahem alternativních sladidel je závislý na pohlaví.
2) $\alpha = 0,05$
3) Chí-kvadrát pro asociační tabulku
4) $p = 0,54633 > \alpha \rightarrow$ nelze zamítnout nulovou hypotézu
5) Nákup potravin či nápojů s obsahem alternativních sladidel není závislý na pohlaví.

Závěr z Tabulky č. 7 je takový, že nákup potravin nebo nápojů s obsahem alternativních sladidel není závislý na pohlaví ($p>0,05$).



Graf č. 7: Konzumované nápoje či potraviny s alternatiními sladidly

Nejvíce respondentů (konkrétně 48) spadalo do skupiny lidí, kteří konzumují slazené, ochucené nápoje s obsahem alternativních sladidel. Dále celkem 38 dotazovaných respondentů uvedlo, že konzumuje cukrovinky s obsahem alternativních sladidel. Konzumaci žvýkaček s obsahem alternativních sladidel uvedlo celkem 35 respondentů. 20 dotazovaných uvedlo, že nekonzumuje žádné potraviny, ve kterých se vyskytují náhradní sladidla a pouze 3 respondenti uvedli, že konzumují jiné potraviny s obsahem alternativních sladidel. Celkové výsledky jsou uvedeny v Grafu č. 7.



Graf č. 8: Frekvence konzumace potravin a nápojů s obsahem alternativních sladidel

Graf č. 8 znázorňuje, jak často respondenti konzumují nápoje nebo potraviny s alternativními sladidly. 56 dotazovaných respondentů konzumuje potraviny nebo nápoje s obsahem alternativních sladidel občas, maximálně jednou týdně. To, že konzumují často (3-7krát týdně) nápoje nebo potraviny s obsahem alternativních sladidel, uvedlo 25 dotazovaných. 19 respondentů uvedlo, že nápoje nebo potraviny s obsahem alternativních sladidel nekonzumnují vůbec.

Tabulka č. 8: Frekvence konzumace alternativních sladidel v závislosti na pohlaví

	2-rozměrná tabulka: Pozorované četnosti (data1) Četnost označených buněk > 10			
pohlaví	konzumace občas	konzumace často	konzumace nekonzumuji	Řádk. součty
žena	38	10	18	66
muž	18	15	1	34
Celk.	56	25	19	100

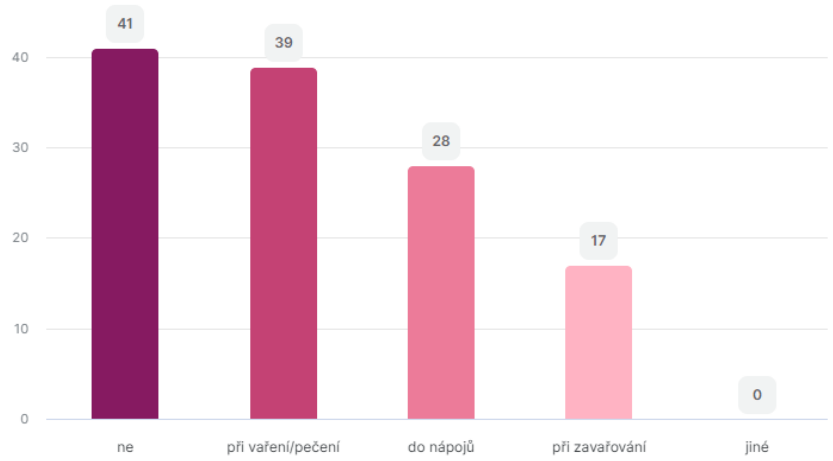
Tabulka č. 8 je kontingentční tabulka, která znázorňuje frekvenci konzumace výrobků obsahující alternativní sladidla v závislosti na pohlaví. Jak lze vidět, občas konzumuje výrobky s obsahem alternativních sladidel více žen než mužů. Stejné výsledky byly také u nekonzumace výrobků, kde převažovaly opět ženy. Naopak u časté konzumace výbků obsahující alternativní sladidla převažovali muži nad ženami.

Tabulka č. 9: Statistické vyhodnocení dat z Tabulky č. 8

Statist.	Statist. : pohlaví(2) x konzumace(3) (data1)		
	Chí-kvadr.	sv	p
Pearsonův chí-kv.	14,60938	df=2	p=,00067
M-V chí-kvadr.	16,39176	df=2	p=,00028
Fí	,3822222		
Kontingenční koeficient	,3570310		
Cramér. V	,3822222		

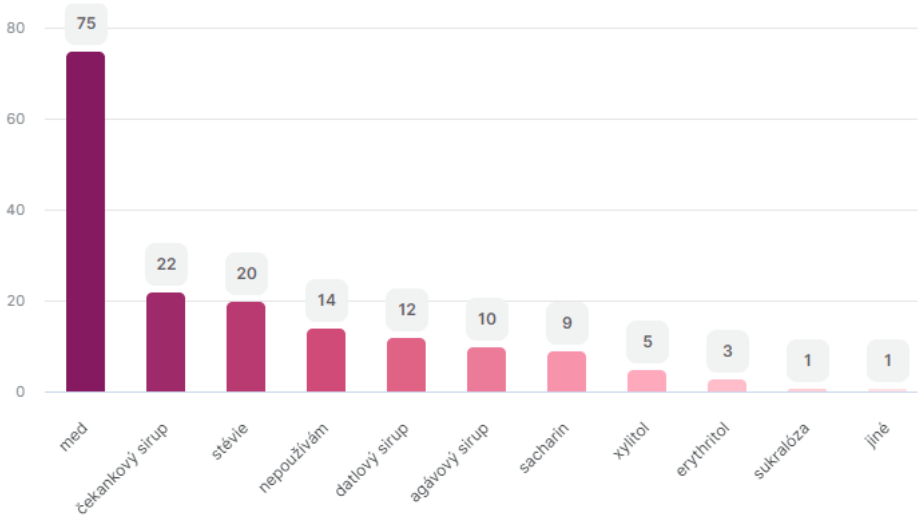
1) H_0: Frekvence konzumace potravin či nápojů s obsahem alternativních sladidel není závislá na pohlaví.
   H_1: Frekvence konzumace potravin či nápojů s obsahem alternativních sladidel je závislá na pohlaví.
   $\alpha = 0,05$
2) Chí-kvadrát pro kontingenční tabulku
3) $p = 0,00067 < \alpha \rightarrow$ zamítáme nulovou hypotézu
4) Frekvence konzumace potravin či nápojů s obsahem alternativních sladidel jezávislá na pohlaví.

Z Tabulky č. 9 lze konstatovat, že p <0,00067, což znamená, že frekvence konzumace alternativních sladidel je závislá na pohlaví. Existuje zde tedy statisticky významný rozdíl mezi frekvencí konzumace alternativních sladidel a pohlavím.



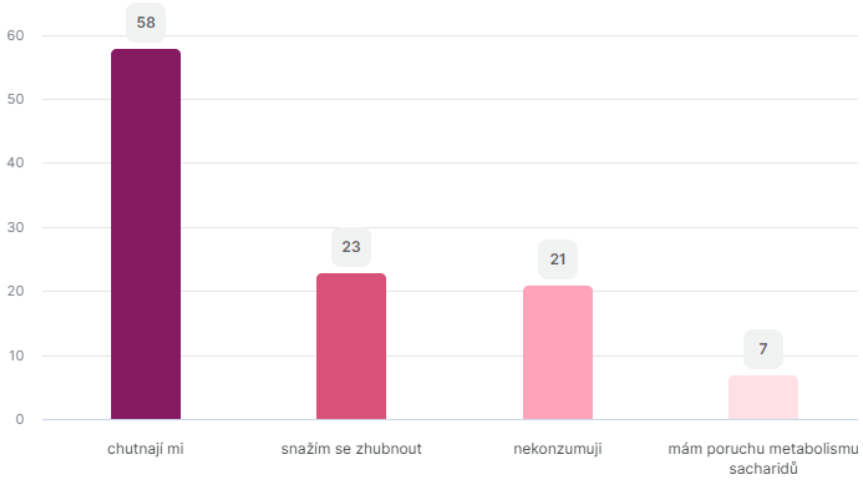
Graf č. 9: Využití sladidel při přípravě nápojů či pokrmů

Na otázku, zda dotazovaní respondenti používají alternativní sladidla do nápojů či pokrmů 41 uvedlo, že ne. 39 uvedlo, že alternativní sladidla používají při vaření nebo pečení. Do nápojů je využívá 28 dotazovaných a 17 respondentů přidává alternativní sladidla do zavařenin.



Graf č. 10: Preferovaná alternativní sladdila

Otázka číslo 10 se respondentů ptala na to, jaká alternativní sladidla nejčastěji používají. Nejvíce používaným sladidlem se dle Grafu č.10 jeví med, který používá 75 dotazovaných respondentů. Druhým nejvíce využívaným sladidlem je čekankový sirup, který používá 22 respondentů. Třetím nejvíce používaným sladidlem je stévie, kterou využívá 20 respondentů. 14 dotazovaných respondentů uvedlo, že nepoužívá žádná alternativní sladidla k oslazení nápojů či pokrmů. Datlový sirup používá 12 z dotazovaných respondentů, agávový sirup 10 respondentů. 9 respondentů používá k oslazení umělé sladidlo sacharin. Z cukerných alkoholů 5 respondentů používá xylitol a 3 respondenti erythritol. Nejméně používaným sladidlem mezi respondenty byla sukralóza, kterou používá pouze 1 dotazovaný. Odpověď „jiné“ z vybraných sladidel uvedl 1 respondent, avšak neuvedl už které.



Graf č. 11: Důvody konzumace alternativních sladidel

U Grafu č. 11 je patrné, že nápoje nebo potraviny s obsahem alternativních sladidel konzumuje 58 respondentů hlavně kvůli tomu, že jim chutnají. 23 dotazovaných uvedlo, že je

konzumují z důvodu, že chtějí zhubnout. 21 uvedlo, že tyto nápoje nebo potraviny nekonzumují. Nejméně, a to 7 respondentů odpovědělo, že hlavním důvodem, proč konzumují potraviny nebo nápoje s obsahem alternativních sladidel je ten, že mají poruchu metabolismu sacharidů. U této otázky bylo na výběr z více možností, proto byl celkový počet 109 odpovědí.

Tabulka č.10: Důvody konzumace výrobku obsahující alternativní sladidla v závislosti na pohlaví

pohlav	2-rozměrná tabulka: Pozorované četnosti (data1) Četnost označených buněk > 10				
	důvod konzumace chutnají mi	důvod konzumace redukce hmotnosti	důvod konzumace nekonzumuji	důvod konzumace zdravotní důvody	Řádk. součty
žena	30	18	18	3	69
muž	28	5	3	4	40
Celk.	58	23	21	7	109

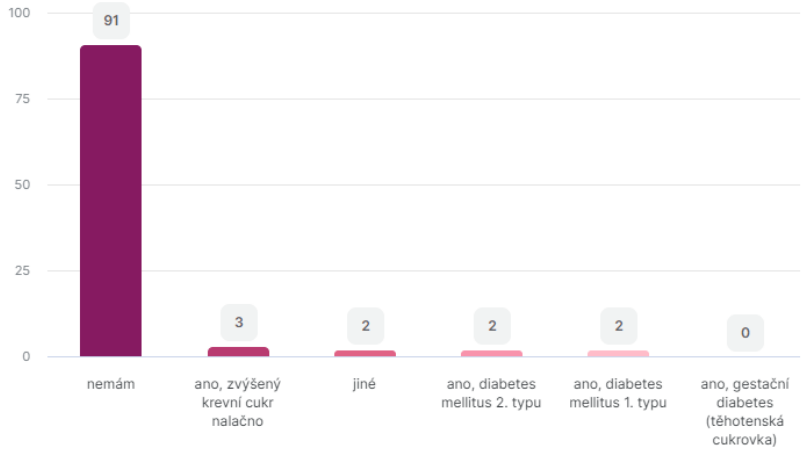
Tabulka č. 10 je kontingenční tabulka znázorňující důvody konzumace alternativních sladidel v závislosti na pohlaví. Nejvíce respondentů konzumuje alternativní sladidla kvůli tomu, že jim chutnají.

Tabulka č. 11:Statistické vyhodnocení dat z Tabulky č. 10

Statist.	Statist. : pohlaví(2) x důvod konzumace(4) (data1)		
	Chí-kvadr.	sv	p
Pearsonův chí-kv.	11,36265	df=3	p=,00992
M-V chí-kvadr.	12,09012	df=3	p=,00708
Fí	,3228691		
Kontingenční koeficient	,3072514		
Cramér. V	,3228691		

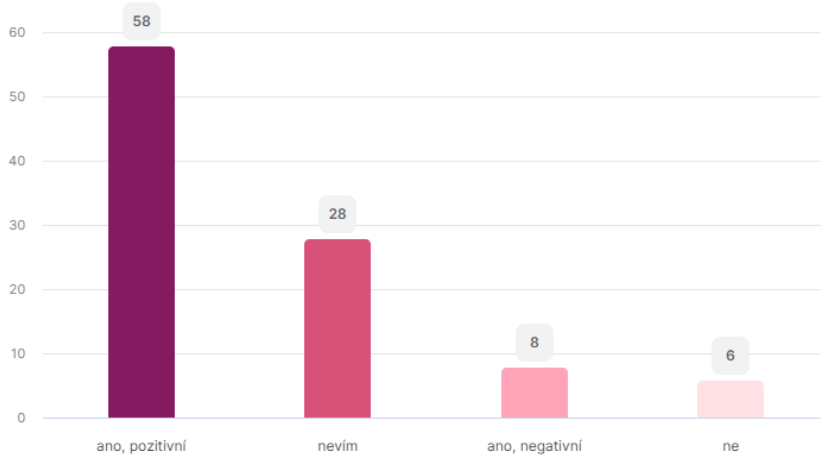
1) H_0: Důvod konzumace potravin či nápojů s obsahem alternativních sladidel není závislý na pohlaví.
   H_1: Důvod konzumace potravin či nápojů s obsahem alternativních sladidel je závislý na pohlaví.
   $\alpha = 0,05$
2) Chí-kvadrát pro kontingenční tabulku
3) $p = 0,00992 < \alpha \rightarrow$ zamítáme nulovou hypotézu
4) Důvod konzumace potravin či nápojů s obsahem alternativních sladidel je závislý na pohlaví.

Z Tabulky č. 11 lze vyčíst, že p <0,00992. Vyplývá z toho že, že existuje statisticky významný rozdíl, mezi důvody konzumace výrobků s obsahem alternativních sladidel a pohlavím. Tedy důvody konzumace výrobků s obsahem alternativních sladidel jsou závislé na pohlaví.



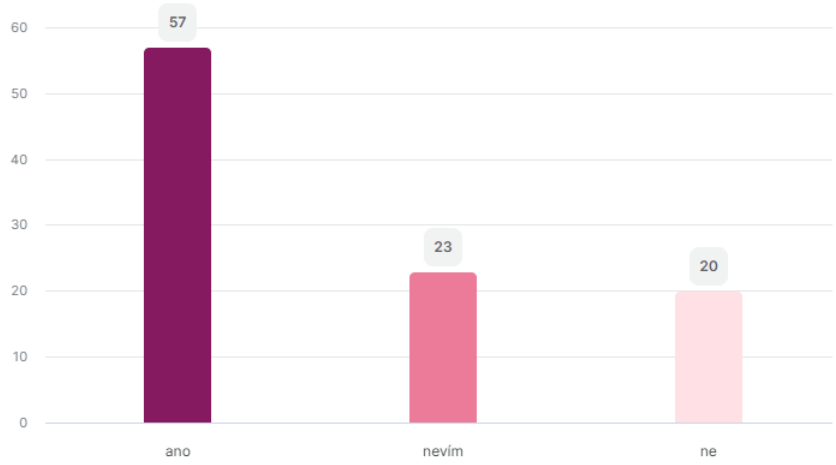
Graf č. 12: Zdravotní důvody konzumace alternativních sladidel

Graf č. 12 ukazuje, že z celkového počtu 100 dotazovaných respondentů 91 uvedlo, že netrpí žádnou poruchou metabolismu sacharidů. Zvýšeným cukrem nalačno trpěli 3 dotazovaní respondenti. Zbylí respondenti uvedli, že mají diabetes mellitus 1. typu, diabetes mellitus 2. typu a jinou poruchu metabolismu sacharidů. Gestační diabetes se nevyskytoval u žádného z respondentů.



Graf č. 13: Alternativní sladidla a vliv na lidské zdraví

U otázky, zda si respondenti myslí, že alternativní sladidla mají vliv na zdraví jich 66 uvedlo, že ano, z toho 58 respondentu si myslí, že mají pozitivní vliv na zdraví. Naopak 8 respondentů uvedlo, že alternativní sladidla mají na zdraví člověka negativní vliv. 28 respondentů odpovědělo, že neví a 6 respondentů si myslí, že alternativní sladidla nemají žádný vliv na zdraví člověka.



Graf č. 14: Redukce hmotnosti pomocí alternativních sladidel

U Grafu č. 14 je patrné, že až 57 respondentů si myslí, že alternativní sladidla napomáhají při redukci tělesné hmotnosti. 23 respondentů uvedlo, že neví a 20 dotazovaných si myslí, že alternativní sladidla nemají žádný vliv na redukci tělesné hmotnosti.

Tabulka č. 12: Alternativní sladidla napomáhají při redukci tělesné hmotnosti v závislosti na pohlaví

pohlaví	2-rozměrná tabulka: Pozorované četnosti (data1) Četnost označených buněk > 10			
	pomáhají při redukci ano	pomáhají při redukci ne	pomáhají při redukci nevím	Řádk. součty
žena	43	11	12	66
muž	14	9	11	34
Celk.	57	20	23	100

Tabulka č. 12 je kontingenční tabulka ukazující kolik žen a mužů si myslí, že alternativní sladidla pomáhajípři redukci tělesné hmotnosti. To, že alternativní sladidla napomáhají k redukci tělesné hmotnosti si myslí více žen než mužů.

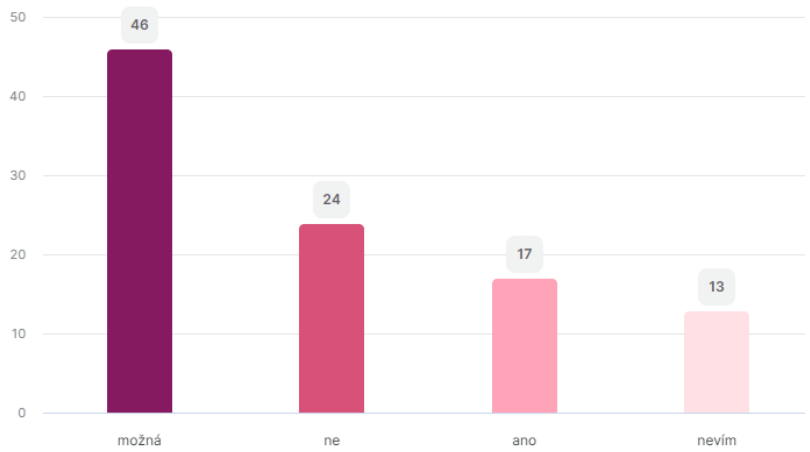
Tabulka č. 13: Statistické vyhodnocení dat z Tabulky č. 12

Statist.	Statist. : pohlaví(2) x pomáhají při redukci(3) (data1)		
	Chí-kvadr.	sv	p
Pearsonův chí-kv.	5,300651	df=2	p=,07063
M-V chí-kvadr.	5,289235	df=2	p=,07103
Fí	,2302314		
Kontingenční koeficient	,2243619		
Cramér. V	,2302314		

1) H_0: Zda si respondenti myslí, že alternativní sladidla pomáhají při redukci tělesné hmotnosti není závislé na pohlaví.
   H_1: Zda si respondenti myslí, že alternativní sladidla pomáhají při redukci tělesné hmotnosti je závislé na pohlaví.
2) $\alpha = 0{,}05$

3) Chí-kvadrát test pro kontingenční tabulku
4) p= 0,07063>α → nelze zamítnout nulovou hypotézu
5) Zda si respondenti myslí, že alternativní sladidla pomáhají při redukci tělesné hmotnosti není závislé na pohlaví.

Vyhodnocení Tabulky č. 13 je takové, že to, zda si respondenti myslí, že alternativní sladidla napomáhají při redukci tělesné hmotnosti, není závislé na pohlaví (p> 0,05).



Graf č. 15: Vzdělávání se v oblasti alternativních sladidel

Po vyplnění celého dotazníku následovala otázka, zda se dotazovaní respondenti budou více zajímat o alternativní sladidla. 48 dotazovaných odpovědělo, že možná ano. 24 uvedlo, že ne, 17 respondentů odpovědělo, že ano a zbylých 13 respondentů odpovědělo, že neví.

6 Diskuze

Hlavním cílem diplomové práce bylo formou dotazníkového šetření zmapovat, jaká alternativní sladidla jsou v populaci preferována.

6.1 Dotazníkové šetření

Výsledky mého dotazníkového šetření zkoumaly, zda obsah alternativních sladidel v potravinách či nápojích ovlivňuje výběr respondentů. Z výsledků je patrné, že obsah alternativních sladidel v potravinách či nápojích neovlivňuje výběr respondentů. Toto tvrzení proneslo 57 % z nich. Tímto výsledkem se zamítla hypotéza č. 1, která předpokládala, že obsah alternativních sladidel ovlivňuje jejich výběr. Dá se tedy předpokládat, že k nim respondenti mají kladný vztah. Opačné výsledky zjistili Tate & Lyle (2015), kdy 62 % respondentů uvedlo, že se zajímá o to, zda výrobky, které kupují, obsahují alternativní sladidla. Respondentům v mém dotazníkovém šetření opravdu obsah alternativních sladidel ve výrobcích nevadí.

Z výsledků dotazníkového průzkumu bylo dále zjištěno, že potraviny nebo nápoje s obsahem alternativních sladidel konzumuje 60 % respondentů. U Drewnowski & Rem (2015) to byla pouze polovina respondentů, oproti mému výsledku, tedy 30 %. Tato rozdílnost může být dána tím, že sběr hodnot probíhal u Drewnowski & Rem (2015) v období od roku 1999 do roku 2008, kdežto můj sběr dat probíhal v roce 2021. Na trhu byly dříve méně dostupné potraviny a nápoje obsahující alternativní sladidla a spotřeba těchto sladidel byla nižší. Drewnowski & Rem (2015) také uvádí, že během jejich sběru dat, se k roku 2008 spotřeba sladidel zvýšila. Studie Pielak et al. (2019) se přibližovala k mým výsledkům, kdy 40 % respondentů uvedlo, že konzumuje potraviny nebo nápoje s obsahem alternativních sladidel. Téměř k totožným výsledkům jako Pielak et al. (2019) dospěla studie Sylvetsky et al. (2017), ve které 41 % respondentů uvedlo, že konzumuje potraviny nebo nápoje obsahující alternativní sladidla. K velmi podobným výsledkům dospěli Rusek et al. (2016) ve své studii, kdy 45 % respondentů odpovědělo, že konzumuje potraviny nebo nápoje obsahující alternativní sladidla. Dále také International Food Information Council (2020) dospěli k podobným hodnotám. Mé výsledky jsou tedy mnohem vyšší oproti celosvětovým výsledkům. Může to být dáno tím, že ne ve všech uvedených studiích byla zahrnuta přírodní sladidla.

Dle svého dotazníkového šetření jsem zjistila, že často (3-7krát týdně) konzumuje alternativní sladidla 25 % respondentů, občas (1krát týdně) 56 % respondentů a to, že alternativní sladidla nekonzumují vůbec uvedlo 19 % respondentů. Což vyvrátilo moji hypotézu č. 2, kdy jsem předpokládala, že potraviny nebo nápoje s alternativními sladidly konzumuje často, tedy 3-7krát týdně alespoň třetina respondentů. V mém hodnocení to byla pouze čtvrtina respondentů. Rusek et al. (2016) uvedli, že alternativní sladidla konzumuje velmi často 60 % respondentů, často 28 % respondentů a zbylých, tedy 12 % respondentů příležitostně. Je vidět, že mé výsledky jsou téměř opačné od Rusek et al. (2016). Podobné výsledky jako Rusek et al. (2016) získali ve své studii Sylvetsky et al. (2017), kde 56 % respondentů konzumovalo alternativní sladidla denně. Jelikož studie probíhala na území Spojených států amerických, je zde nutno brát v úvahu větší dostupnost potravin a nápojů s obsahem alternativních sladidel. Ve studii Pielak et al. (2019) měli respondenti na výběr pouze ze dvou možností, proto se nedají

tak dobře porovnávat. Pravidelně alternativní sladidla konzumovalo 45 % respondentů a 55 % pouze příležitostně.

Dotazníkové šetření prokázalo, že hlavním důvodem konzumace alternativních sladidel je u respondentů jejich chuť (58 %). Dalším důvodem byla jejich nižší energetická hodnota, jelikož 23 % respondentů uvedlo, že se snaží zhubnout. Pouze 7 % respondentů uvedlo, že alternativní sladidla konzumuje vhledem k jejich zdravotní situaci, tedy že trpí některou z poruch metabolismu sacharidů. Má hypotéza č. 3 se tedy opět nepotvrdila, jelikož jsem předpokládala, že kvůli zdravotním důvodům konzumuje alternativní sladidla alespoň třetina respondentů. V mých výsledcích by takto muselo odpovědět 33 respondentů, nikoliv pouze 7. Podobné důvody ve svých výsledcích uvádí Rusek et al. (2016). Kdy na druhém místě byla také snaha redukovat svou tělesnou hmotnost a omezit tak svůj denní energetický příjem pomocí alternativních sladidel. Dalším důvodem byl diabetes mellitus (4 %) a ostatní onemocnění (3 %).

Výsledky z mého průzkumu ukázaly, že nejčastějším konzumovaným alternativním sladidlem byl med (75 %). Dále se jednalo opět o přírodní sladidlo, konkrétně o čekankový sirup (22 %) a stévii (20 %). Z polyalkoholů byl nevíce používán xylitol (5 %) a erythritol (3 %). U umělých sladidel vedl sacharin (9 %) a sukralóza (1 %). Podobné výsledky uvádí Rusek et al. (2016), kteří ve své studii uvedli, že u respondentů byl nejvíce preferovaným sladidlem med (78 %). Jako nejkonzumovanější polyol byl xylitol (5 %). Dále zmiňovali, že jako nejvíce konzumovaným umělým sladidlem byl aspartam (3 %), což se však s mými výsledky neshoduje. Naopak výsledky z mého dotazníkového šetření jsou zcela odlišné od výsledků, které uvádí Pielak et al. (2019), kteří jistili, že u respondentů byla z přírodních sladidel nepreferovanější stévie (26,6 %). Med uvedlo pouze 4,8 % dotazovaných, což je oproti mým výsledků jen velmi malé množství. Z polyalkoholů to byl xylitol (23,6 %), který v mém dotazníku zmínilo pouze 5 % dotazovaných. Z umělých sladidel zmiňují, že nejvíce používán byl aspartam (15,6 %). Odlišné výsledky zaznamenali Requejo et al. (2021), kdy nejvíce respondentů uvedlo, že nejvíce konzumují aspartam (51,5 %), poté sukralózu (31,9 %) a z polyalkoholů sorbitol (25,9 %). Xylitol uvedlo pouze 2,7 % dotazovaných. Z přírodních alternativ volilo nejvíce respondentů stévii (10 %). Obdobných výsledků jako Requejo et al. (2021) dosáhli ve své studii Rodríguez et al. (2021), kde nejvíce preferovaným přírodním sladidlem byla také stévie (10 %). Sorbitol z polyalkoholů uvedlo také nejvíce respondentů (14,6 %) a xylitol pouze 3,7 % dotazovaných. Odlišnost byla u umělých sladidel, kdy nejvíce preferovaným sladidlem byl acesulfam-K (61,6 %) a aspartam (30,7 %) obsadil až třetí místo. Mezi nimi, tedy na druhém místě byla uvedena také stévie jako u Requejo et al. (2021), ale byla však oblíbena u většího procenta dotazovaných, konkrétně u 54,3 %. Rozdílnost může být způsobena tím, že můj dotazník byl vyplňován na území České republiky, dotazník od Pielak et al. (2019) na území Polska, Requejo et al. (2021) na území Španělska a Rodríguez et al. (2021) na území Portugalska. Rozdíly mohou být mezi občany jednotlivých států, jejich chuťová preference, ale také dostupnost a popularita jednotlivých alternativních sladidel na trhu daného státu. To je patrné i z výsledků Requejo et al. (2021) Rodríguez et al. (2021), kteří měli ve svých studií podobné závěry. Může to být právě způsobeno tím, že mezi s sebou země sousedí.

Co se týče konzumace alternativních sladidel a vlivu na zdraví, mé výsledky ukazují, že 58 % respondentů si myslí, že alternativní sladidla mají pozitivní vliv zdraví. Dalších 28 %

respondentů uvedlo, že neví, zda mají alternativní sladidla vůbec nějaký vliv na zdraví člověka. Názor o tom, že alternativní sladidla ovlivňují negativně zdraví člověka projevilo pouze 8 % respondentů. A pouze 6 % uvedlo, že alternativní sladidla nemají žádný vliv na zdraví člověka. Zcela opačné tvrzení má studie Rusek et al. (2017), ve které více než polovina respondentů odpověděla, že si myslí, že alternativní sladidla mohou mít negativní dopad na lidské zdraví. Ke stejným výsledkům dospěla studie Food Information Council (2020), kdy u respondentů také převládal názor, že alternativní sladidla nejsou zdravá. Rozdílnost výsledků může být dána nevzdělaností české populace v oblasti alternativních sladidel, nebo také, že mezi některými spotřebiteli v ostatních zemí kolují obavy spojené s používáním alternativních sladidel.

Z mého průzkumu vyplývá, že nejvíce (39 %) respondentů konzumuje alternativní sladidla v nápojích. Podobného výsledku docílili ve své studii Requejo et al. (2021), kdy nejvíce respondentů (36,1 %) přijímalo alternativní sladidla v nealkoholických nápojích. Také u Rodríguez (2021) konzumovalo alternativní sladidla nejvíce respondentů (34,2 %) ve formě nealkoholických nápojů. Nižší hodnoty měli ve své studii Drewnowski & Rehm (2015). U nich pouze 19,5 % respondentů konzumovalo nápoje s obsahem alternativních sladidel. Z mých výsledků dále vyplývá, že druhými nejvíce konzumovanými potraviny obsahující alternativní sladidla byly cukrovinky a sladkosti, kdy je jako možnost zvolilo 31,4 % respondentů. Ve studii Requejo et al. (2021) je zvolilo pouze 14,2 % dotazovaných a v studii Rodríguez et al. (2021) dokonce jen 6,1 % respondentů. V mém dotazníku žvýkačky s alternativními sladidly konzumovalo 28,9 % dotazovaných. Naopak ve studii Rodríguez et al. (2021) pouze 6 % respondentů. Tyto rozdíly mohou být dané tím, že v mém dotazníkovém šetření měli respondenti na výběr z více možností volby, což mohlo zapříčinit značné rozdíly s ostatními studiemi.

O tom, že alternativní sladidla napomáhají redukci tělesné hmotnosti byla v mém dotazníku přesvědčena více než polovina dotazovaných, konkrétně 57 %. Hypotéza č.4, která předpokládala, že si alespoň polovina respondentů myslí, že alternativní sladidla napomáhají při redukci tělesné hmotnosti, se potvrdila. Obdobné výsledky uvádí International Food Information Council (2020), kdy nejčastějším důvodem konzumace alternativních sladidel byla právě snaha redukovat tělesnou hmotnost. Stejné důvody uvedli respondenti také ve studii Rusek et al. (2016).

Co se týče vzdělání v oblasti alternativních sladidel do budoucna, 46 % respondentů uvedlo, že se možná budou více o toto téma zajímat. Což samozřejmě není jednoznačné rozhodnutí. Zatímco 24 % respondentů uvedlo, že se v této oblasti ani vzdělávat nechtějí. K opačným výsledkům dospěla studie Rusek et al. (2017), ve které převažovali respondenti, kteří nemají zájem se v oblasti alternativních sladidel vzdělávat dál. Rozdílnost výsledků může být způsobena opět odlišností respondentů, kdy v mém šetření byli zahrnuti pouze obyvatelé české republiky, u Rusek et al. (2017) obyvatelé Polska. Z mých výsledků tedy vyplývá, že větší zájem o vzdělávání se do budoucna v oblasti alternativních sladidel mají obyvatelé České republiky.

7 Závěr

Přírodní sladidla jsou většinou srovnatelná s bílým řepným cukrem, avšak navíc obsahují některé minerální látky. Jeví se jako vhodná alternativa k běžnému cukru, nicméně obsahují stále vysoké množství energetické hodnoty, podporují riziko vzniku obezity, diabetu 2. typu a vzniku zubního kazu. Výhodou polyalkoholů je jejich nižší energetická hodnota oproti běžnému cukru a jejich nekariogenita. Xylitol a erythritol prokazatelně snižují riziko vzniku zubního kazu. V malém množství jsou obsaženy v různých druzích ovoce a zeleniny, tudíž jsou to lidskému tělu vlastní látky. Jeví se jako dobrá alternativa u lidí s diabetem 2. typu a také u lidí trpící obezitou. Je však nutno nepřekračovat doporučenou denní dávku, jelikož mají prokazatelný laxativní účinek.

Z výsledků této práce vyplývá, že většinu respondentů neovlivňuje při výběru potravin či nápojů obsah alternativních sladidel, hypotéza č. 1 byla tedy zamítnuta. Můj předpoklad byl, že potraviny či nápoje konzumuje často, tedy 3-7krát týdně alespoň třetina respondentů. Což se nepotvrdilo, protože většina respondentů uvedla, že je konzumuje občas, tedy jednou týdně. Proto byla hypotéza č. 2 zamítnuta. Jako nejčastější důvod konzumace alternativních sladidel byla zvolena jejich chuť a nižší energetická hodnota oproti běžnému cukru. Zdravotní důvody uvedlo jen minimum respondentů, čímž byla hypotéza č. 3 zamítnuta. Nejvíce preferovaným sladidlem byl med, následoval čekankový sirup a stévie. Z polyalkoholů respondenti nejvíce volili xylitol a erytrhritol. U umělých sladidel byl zvolen sacharin a sukralóza. Nejvíce byla sladidla konzumována ve slazených nápojích, cukrovinkách a žvýkačkách. U respondentů převládal názor, že alternativní sladidla napomáhají při redukci tělesné hmotnosti, má hypotéza č. 4 byla tedy potvrzena.

Ačkoli byla umělá sladidla používána především jako alternativy cukru, které mají pomáhat při hubnutí a inzulinové rezistenci, existuje mnoho údajů, které naznačují, že umělá sladidla mají hluboký dopad na lidský mikrobiom, homeostázu glukózy, přírůstek hmotnosti a celkovou tělesnou hmotnost. Sice jsou na trh uváděna jako zdravější náhražky cukru, většina dostupných údajů tomu však oponuje.

Dle mého názoru je pro naše zdraví vhodné omezit celkový příjem cukrů, jak nápojů obsahující cukry, tak i sladké potraviny. Jako vhodnou alternativu k běžnému bílému řepného cukru bych zvolila čekankový sirup. Obsahuje malé množství cukru a vlákninu inulin, která má probiotické účinky, čímž je do značné míry prospěšná pro náš střevní mikrobiom. Je však nutné číst obaly výrobků, jelikož se na trhu objevují čekankové sirupy s přidaným množstvím sukralózy, která má také prokazatelný vliv na střevní mikrobiom, ale v tom negativním slova smyslu. Další vhodnou alternativou se jeví také polyalkoholy, které mají navíc antikariogenní vlastnosti, čím nepodporují tvorbu zubního kazu. Naopak, co bych ze stravy zcela vyloučila, jsou právě umělá sladidla. Jsou to stále syntetické sloučeniny, které nejsou našemu tělu vlastní a nejsou ani přirozenou složkou naší stravy. Jejich účinky na organismus nejsou zcela prozkoumány a ze stále novějších vědeckých poznatků se jeví jako nevhodná alternativa k běžnému stolnímu cukru.

Do budoucna je za potřebí více studií, které prozkoumají vlivy jednotlivých sladidel na zdraví jedinců, jelikož mnoho dočasně provedených studií jsou v rozporu. Je nutno se více zaobírat individualitou jedinců a také genetickými predispozicemi, které mohou ovlivňovat vnímání sladké chuti.

8 Literatura

Alsunni AA. 2020. Effects of Artificial Sweetener Consumption on Glucose Homeostasis and Its Association with Type 2 Diabetes and Obesity. Int J Gen Med. **13**:775-785.

Amo K, Arai H, Uebanso T, Fukaya M, Koganei M, Sasaki H, Yamamoto H, Taketani Y, Takeda E. 2011. Effects of xylitol on metabolic parameters and visceral fat accumulation. J Clin Biochem Nutr. **49:**1-7.

Anker CCB, Rafiq S, Jeppesen PB. 2019. Effect of Steviol Glycosides on Human Health with Emphasis on Type 2 Diabetic Biomarkers: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Nutrients 11 (e1965) DOI: 10.3390/nu11091965.

Aparnathi KD. 2017. Chemistry and Use of Artificial Intense Sweeteners. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences **6:**1283-1296.

Awuchi ChG. 2017. Sugar Alcohols: Chemistry, Production, Health Concerns and Nutritional Importance of Mannitol, Sorbitol, Xylitol, and Erythritol. International Journal of Advanced Academic Research **3:** 31–66.

Azad MB, Sharma AK, de Souza RJ, Dolinsky VW, Becker AB, Mandhane PJ, et al. 2016. Association Between Artificially Sweetened Beverage Consumption During Pregnancy and Infant Body Mass Index. JAMA Pediatr. **7:** 662-70.

Ball DW. 2007. The Chemical Composition of Maple Syrup. Journal od Chemical Education. **84:** 1647.

Ban Q, Cheng J, Sun X, Jiang Y, Zhao S, Song X, Guo M. 2020. Effects of a synbiotic yogurt using monk fruit extract as sweetener on glucose regulation and gut microbiota in rats with type 2 diabetes mellitus. Journal of Dairy Science **103:** 2956-2968.

Berry C, Brusick D, Cohen SM, Hardisty JF, Williams GM. 2016. Sucralose non-carcinogenity: a review of the scientific neoand regulátory rationale. Nutr Cancer 68: 1247-1261.

Bordier V, Teysseire F, Schlotterbeck G, Senner F, Beglinger C, Meyer-Gerspach ACh, Wölnerhanssen BK. 2021. Effect of a Chronic Intake of the Natural Sweeteners Xylitol and Erythritol on Glucose Absorption in Humans with Obesity. Nutrients **13:** 3950.

Burt BA. 2006. The use of sorbitol-and xylitol-sweetened chewing gum in caries control. The Journal of the American Dental Association **137:**190-196.

Cai Ch, Sivak A, Davenport MH. 2021. Effects of prenatal artificial sweeteners consumption on birth outcomes: a systematic review and meta-analysis. Cambridge University. **24:** 5024-5033.

Carocho M, Morales P, Ferreira I C.F.R. 2017. Sweeteners as food additives in The XXI century: A review of what is known, and what is to come. Food and Chemical Toxicoloxy. **107:** 302-317.

Covington L. 2021. What Is Coconut Sugar? Available from: https://www.thespruceeats.com/what-is-coconut-sugar-and-how-is-it-used-5116651 (accessed January 2022).

Čopíková J, Moravcová J, Wimmer Z, Opletal L, Lapčík O, Drašar P. 2013. Náhradní sladidla. Chemické Listy **107:** 867-874.

Daly K, Darby AC, Shirazi-Beechey SP. 2016. Low calorie sweeteners and gut microbiota. Physiology & Behavior **164:** 494-500.

Debras Ch. Chazelas E, Srour B, Druesne-Pecollo N, Essedik Y, Szabo de Edelenyi F, Agaësse C, De Sa A, Lutchia R, Gigandet S, Huybrechts I, Julia Ch, Kesse-Guyot E, Zelek L, Allès B, Andreeva VA, Galan P, Hercberg S, Deschasaux-Tanguy M, Touvier M. 2022. Risk of breast and other cancers associated with the consumption of artificial sweeteners: Results from the prospective NutriNet-Santé cohort [abstract]. Cancer Res. **82:** 9-2.

Drewnowski A, Rehm CD. 2015. Socio-demographic correlates and trends in low-calorie sweetener use among adults in the United States from 1999 to 2008. European Journal of Clinical Nutrition **69:** 1035-1041.

Dupal L, et al. Jak poznáme kvalitu? MED. Sdružení českých spotřebitelů pro Českou technologickou platformu pro potraviny, Praha. Available from: https://www.konzument.cz/users/publications/4-publikace/163-med.pdf (accessed May 2021).

Edwards CH, Rossi M, Corpe CP, Butterworth PJ, Ellis PR. 2016. The role of sugars and sweeteners in food, diet and health: Alternatives for the future. Trends in Food Science and Technology. **56:** 158-166.

EFSA. 2010. Scientific Opinion on the safety of anionic methacrylate copolymer for the proposed uses as a food additive1. EFSA Flavoring Group Evaluation 32. EFSA Journal. 8: 1656.

Emamat H, Ghalandari H, Tangestani H, Abdollahi A, Hekmatdoost A. 2020. Artificial sweeteners are related to non-alcoholic fatty liver disease: Microbiota dysbiosis as a novel potential mechanism. EXCLI Journal. **19:** 620-626.

European Commission. 2021. Acceptable daily intake of sweeteners in the EU. Available from:https://knowledge4policy.ec.europa.eu/health-promotion-knowledge-gateway/sugars-sweeteners-7_en (accessed December 2021).

Fagherazzi G, Gusto G, Affret A, Mancini FR, Dow C, Balkau B, Clavel-Chapelon F, Kapota F, Boutron-Ruault MC. 2017. Chronic Consumption of Artificial Sweetener in Packets or Tablets and Type 2 Diabetes Risk: Evidence from the E3N-European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition Study. Ann Nutr Metab. **70:** 51-58.

Farahnaky A, Mardani M, Mesbahi Gh, Golmakani MT. 2016. Some Physicochemical Properties of Date Syrup, Concentrate, and Liquid Sugar in Comparison with Sucrose Solutions. J.Agr.Sci.Tech. **18:** 657-668.

Furusawa Y, et al. 2013. Commensal microbe derived butyrate induces the differentiation of colonic regulatory T cells. Nature. **504:** 446-450.

Gabrovská D, Chýlková M. 2017. Sladká fakta o cukrech a sladidlech aneb čím si osladit život. Česká technologická platforma pro potraviny. Praha.

Gheldof N, Wanf XH, Engeseth NJ. 2002. Identification and Quantification of Antioxidant Components of Honeys from Various Floral Sources. J. Agric. Food Chem. **50:** 5870-5877.

Gollin R. 2020. All About Date Syrup, an All-Natural Liquid Sweetener. marthastevard. Available from: https://www.marthastewart.com/8004295/date-syrup-natural-liquid-sweetener (accessed February 2022).

Grembecka M. 2015. Sugar alcohols – their role in the modern world of sweeteners: a review. European Food Research and Technology **241:** 1-14.

Guess ND, Dornhorst A, Oliver N, Bell JD, Thomas EL, Frost GS. 2015. A randomized controlled trial: the effect of inulin on weight management and ectopic fat in subjects with prediabetes. Nutr Metab. **12:** 36.

Gunnars K. 2013. Coconut Sugar-Helathy Sugar Alternative or a Big, Fat Lie? healthline. Available from: https://www.healthline.com/nutrition/coconut-sugar (accessed January 2022).

Gupta M. 2018. Sugar Substitutes: Mechanism, Availability, Current Use and Safety Concerns-An Update. Open Access Maced J Med Sci. **10:** 1888-1894.

Higuera V. 2019. Honey and Diabetes: Is It Safe?. Medically rewviewed. Available from: https://www.healthline.com/health/diabetes/sweeteners-honey-vs-granulated-sugar#Use-less-for-more-taste (accessed May 2021).

Honkala S, Runnel R, Saag M, Olak J, Nõmmela R, Russak S, Mäkinen PL, Vahlberg T, Falony G, Mäkinen K. 2014. Effect of erythritol and xylitol on dental caries prevention in children. Caries research. **48:** 482-490.

Ch Cai, A Sivak, MH Davenport. 2021. Effects of prenatal artificial sweeteners consumption on birth outcomes: a systematic review and meta-analysis. Public Health Nutrition. **15:** 5024-5033.

Chattopadhyay S, Raychaudhuri U, Chakraborty R. 2014. Artifical sweeteners – a review. Journal of Food Science and Technology. **51:** 611-621.

Informační centrum bezpečnosti potravin. 2018. Posuzování zdravotní nezávadnosti potravinářských přídatných látek a stanovení jejich akceptovatelného denního příjmu (ADI). Ministerstvo zemědělství. Available from https://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/prilohy/Posuzovani_zdrav.nezavadnosti_PPL.p df (accessed November 2021).

International Food Information Council. 2020. Food and Health Survey. Food Insight. Available from https://foodinsight.org/wp-content/uploads/2020/06/IFIC-Food-and-Health Survey-2020.pdf (accessed February 2022).

International Journal of CliniMishra A, Ahmed K, Froghi S, Dasgupta P. 2015. Systematic review of the relationship between artificial sweetener consumption and cancer in humans: analysis of 599,741 participants. International Journal of Clinical Practice. **69:** 1418-1426.cal Practice

Jain MB. 2019. Sugar Substitutes – A Dental Perspective. Manipal Journal of Dental Sciences **4:** 38-41.

Jain T, Grover K. 2015. Sweeteners in Human Nutrition. International Journal of Health Sciences and Research **5:** 439-451.

KA Higgins, RD Mattes. 2019. A randomized controlled trial contrasting the effects of 4 low – calorie sweeteners and sucrose on body weight in adults with overweight or obesity. The American Journal of Clinical Nutrition. **5:** 1288-1301.

Křivánková R. 2018. Přírodní sirupy – nejzdravější možný způsob slazení? Available from: https://www.blendea.cz/sirupy/ (accessed January 2022).

Kurek JM, Krejpcio Z. 2019. The functional and health-promoting properties of Stevia rebaudiana Bertoni and its glycosides with special focus on the antidiabetic potential – A review. Journal of Functional Foods 61 (e103465) DOI: 10.1016/j.jff.2019.103465.

Leech J. 2020. Agave Nectar: A Sweetener That's Even Worse Than Sugar? Available from: https://www.healthline.com/nutrition/agave-nectar-is-even-worse-than-sugar. (Accessed November 2021).

Liu L, Zhang P, Wang Y, Cui W, Li D. 2021. The relationship between the use of artificial sweeteners and cancer: A meta-analysis of case-control studies. Food Science & Nutrition. **8:** 4589-4597.

Lulková K. 2019. Jaké jsou přednosti čekankového sirupu? Vhodný je hlavně pro diabetiky. AAzdraví.cz. Available from: https://www.aazdravi.cz/jake-jsou-prednosti-cekankoveho-sirupu-proc-vhodny-diabetiky/ (accessed December 2021).

Maisuria VB, Hosseinidoust Z, Tufenkji N. 2015. Polyphenolic Extract from Maple Syrup Potentiates Antibiotic Susceptibility and Reduces Biofilm Formation of Pathogenic Bacteria. Applied and Environmental Microbiology. **31:** 3782-3792.

Mäkinen KK. 2016. Gastrointestinal Disturbances Associated with the Consumption of Sugar Alcohols with Special Consideration of Xylitol: Scientific Review and Instructions for Dentists and Other Health-Care Professionals. International Journal of Dentistry **6:** 1-16.

Mallikarjun S, Sieburth RM. 2015. Aspartame and Risk of Cancer: A Meta-analytic Review. Arch Environ Occup Health. **70:** 133-41.

Mathur K, Agrawal RK, Nagpure S, Deshpande D. 2020. J Family Med Prim Care. **1:** 69-71.

Mooradian AD, Smith M, Tokuda M. 2017. The role of artificial and natural sweeteners in reducing the consumption of table sugar: A narrative review. Clinical Nutrition ESPEN **18:** 1-8.

Mora MR, Dando R. 2021. The sensory properties and metabolic impact of natural and synthetic sweeteners. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. **20:** 1554-1583.

Moriconi E, Feraco A, Marzolla V, Infante M, Lombardo M, Fabbri A, Caprio M. 2020. Neuroendocrine and Metabolic Effects of Low-Calorie and Non-Calorie Sweeteners. Front Endocrinol. 444**11:**.

Mortensen A. 2016. Sweeteners permitted in the European Union: safety aspects. 104-116.

Nettleton JA, Lutsey PL, Wang Y, Lima JA, Michos ED, Jacobs DR. 2009. Diet soda intake and risk of incident metabolic syndrome and type 2 diabetes in the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA). Diabetes care **32:** 688-694.

Olney JW, Farber NB, Spitznagel E, Robins LN. 1996. Increasing brain tumor rates: is there a link to aspartame? J Neuropathol Exp Neurol 55: 1115-1123.

Pang MD, Goossens GH, Blaak EE. 2021. The Impact of Artificial Sweeteners on Body Weight Control and Glucose Homeostasis. Front Nutr. **7:** 598340.

Pearlman M, Obert J, Casey L. 2017. The Association Between Artificial Sweeteners and Obesity. Curr Gastroenterol Rep. **19:** 64.

Pielak M, Czarniecka-Skubina E, Trafiałek J, Głuchowski A. 2019. Contemporary Trends and Habits in the Consumption of Sugar and Sweeteners – A Questionnaire Survey among Poles. International Journal od Environmental Research and Public Health 16 (e1164) DOI: 10.3390/ijerph16071164.

Plows JF, Aris IM, Rifas-Shiman AL, Goran MI, Oken E. 2022. Associations of maternal non-nutritive sweetener intake during pregnancy with offspring body mass index and body fat from birth to adolescence. International Journal of Obesity. **46:** 186-193.

Račická E. 2012. Náhradní sladidla, jejich místo v současné dietologii. Interní Med. **14:** 331-335

Requejo MR, Rodríguez MG, Vaesken LS, Bravo AM, Puga AM, Partearroyo T, Moreiras GV. 2021. Low – and No-Calorie Sweetener (LNCS) Consumption Patterns Amongst the Spanish Adult Population. Nutrition and Public Health. **13:** 1845.

Rodríguez MG, Requejo MR, Vaesken LS, Bravo AM, Puga AM, Partearroyo T, Moreiras GV. 2021. Low – and No-Calorie Sweetener (LNCS) Consumption Patterns Amongst the Spanish Adult Population. Nutrition and Public Health. **13:** 4186.

Ruiz-Ojeda FJ, Plaza-Díaz J, Sáez-Lara M, Gil A. 2019. Effects of Sweeteners on the Gut Microbiota: A Review of Experimental Studies and Clinical Trials. Advances in Nutrition **10:** 31-48.

Rusek A, Biazik E, Lesiów T. 2016. Analysis and Estimation of the Application of Selected Sweeteners Used in Food by Consumers. Part 1. Engineering Sciences and Technologies **3:** 102-115.

Rusek A, Biazik E, Lesiów T. 2017. Consumer Knowledge and Opinion on Selected Sweeteners Used in Food. Part 2. Engineering Sciences and Technologies **1:** 63-73.

Samarghandian S, Farkhondeh T, Samini F. 2017. Honey and Health: A Review of Recent Clinical Research. Pharmacognosy Res. **9:** 121-127.

Saraiva A, Carrascosa C, Raheem D, Ramos F, Raposo A. 2020. Maltitol: Analytical Determination Methods, Applications in the Food Industry, Metabolism and Health Impacts. International Journal of Enviromental Research and Public Health 17 (e5227) DOI: 10.3390/ijerph17145227.

Singh N, Lubana SS, Arora S, Sachmechi I. 2020. A Study of Artificial Sweeteners and Thyroid Cancer Risk. J Clin Med Res. **12:** 492-498.

Stanhope KL, Schwarz JM, Havel PJ. 2013. Adverse metabolic effects of dietary fructose: results from the recent epidemiological, clinical, and mechanistic studies. Curr Opin Lipidol. **24:** 198-206.

Sylvetsky AC, Jin Y, Clark EJ, Welsh JA, Rother KI, Talegawkar SA. 2017. Consumption of Low-Calorie Sweeteners among Children and Adults in the United States. Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics **117:** 441-448.

Takatsuka T, Exterkate RAM, ten Cate JM. 2008. Effects of isomalt on enamel de-and remineralization, a combined in vitro pH-cycling model and in situ study. Clin Oral Invest **12:** 173–177.

Tandel KR. 2011. Sugar substitutes: Health controversy over perceived benefits. J Pharmacol Pharmacother. **4:** 236-243.

Tate & Lyle. 2015. State of Sweeteners Report. Tate & Lyle, London. Available from https://www.tateandlyle.com/sites/default/files/2017-02/Tate%20and%20Lyle%20State_of_Sweeteners.pdf (accessed February2022).

Triyannanto E, Lee KT. 2016. Evaluation of Honey and Rice Syrup as Replacements for Sorbitol in the Production of Restructured Duck Jerky. Asian-Australas J Anim Sci. **29:** 271-279.

Varzakas T, Anestis S, Labropoulos A, editors. Sweeteners: Nutritional Aspects, Applications, and Production Technology. CRC Press, Boca Raton.

Wang J, Zhao H, Wang Y, Lau H, Zhou W, Chen C, Tan S. 2020. A review of stevia as a potential healthcare product: Up-to-date functional characteristics, administrative standards and engineering techniques. Trends in Food Science & Technology **103:** 264-281.

Weihrauch P, Diehl V. 2004. Artificial sweeteners—do they bear a carcinogenic risk?. Annals of Oncology. **15:** 1460-1465.

Wölnerhanssen BK, Cajacob L, Keller N, Doody A, Rehfeld JF, Drewe J, Peterli R, Beglinger Ch, Meye-Gerspach ACh. 2016. Gut hormone secretion, gastric emptying, and glycemic responses to erythritol and xylitol in lean and obese subjects. Am J Physiol Endocrinol Metab. **310:** 1053–1061.

Yaghoobi N, et al. 2008. Natural Honey and Cardiovascular Risk Factors; Effects on Blood Glucose, Cholesterol, Triacylglycerole, CRP, and Body Weight Compared with Sucrose. Scientific Word Journal. **8:** 7.

Yamamoto T, Sato K, Kubota Y, Mitamura K, Taga A. 2017. Effect of dark-colored maple syrup on cell proliferation of human gastrointestinal cancer cell. Biomed Rep. **7:** 6-10.

Zhang W, Chen J, Chen Q, Wu H, Mu W. 2020. Sugar alcohols derived from lactose: lactitol, galactitol, and sorbitol. Appl Microbiol Biotechnol. **104:** 9487-9495.

Zhang Y, Yuan T, Li L, Nahar P, Slitt A, Seeram NP. 2014. Chemical Compositional, Biological, and Safety Studies of a Novel Maple Syrup Derived Extract for Nutraceutical Applications. J Agric Food Chem. **62:** 6687-6698.

Zhu J, Liu J, Li Z, Xi R, Li Y, Peng X, Xu X, Zheng Xin, Zhou X. 2021. The Effects of Nonnutritive Sweeteners on the Cariogenic Potential of Oral Microbiome. BioMed Research International. **2021:** 1-10.

9 Samostatné přílohy

ALTERNATIVNI SLADIDLA VE VYZIVE CLOVEKA

1 Vaše pohlaví:

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu odpověď*

◯ žena ◯ muž

2 Váš věk:

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu odpověď*

◯ méně než 18 ◯ 18-25 ◯ 26-35 ◯ 36-45 ◯ 46-55 ◯ 56 a více

3 Nejvyšší dosažené vzdělání:

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu odpověď*

◯ základní ◯ vyučení ◯ střední bez maturity ◯ střední s maturitou ◯ vysokoškolské

4 Sledujete obsah alternativních sladidel na obalech výrobků?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu odpověď*

◯ ano ◯ ne

5 Ovlivňuje jejich přítomnost Váš výběr nápojů/potravin?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu odpověď*

◯ ano ◯ ne

6 Kupujete nápoje/potraviny s alternativními sladidly?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu odpověď*

◯ ano ◯ ne

1

7 Které nápoje/potraviny s alternativními sladidly konzumujete?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu nebo více odpovědí*

☐ slazené, ochucené nápoje ☐ žvýkačky ☐ cukrovinky ☐ nekonzumuji
☐ jiné

8 Jak často konzumujete nápoje/potraviny s alternativními sladidly?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu nebo více odpovědí*

☐ občas (max 1x týdně) ☐ často (3-7x týdně) ☐ nekonzumuji

9 Používáte alternativní sladidla do nápojů/pokrmů?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu nebo více odpovědí*

☐ při vaření/pečení ☐ při zavařování ☐ do nápojů ☐ ne
☐ jiné

10 Jaká alternativní sladidla používáte nejčastěji?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu nebo více odpovědí*

☐ med ☐ čekankový sirup ☐ agávový sirup ☐ datlový sirup ☐ xylitol ☐ erythritol ☐ stévie
☐ sukralóza ☐ sacharin ☐ nepoužívám
☐ jiné

11 Proč konzumujete nápoje/potraviny s alternativními sladidly?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu nebo více odpovědí*

☐ snažím se zhubnout ☐ mám poruchu metabolismu sacharidů ☐ chutnají mi ☐ nekonzumuji

12 Máte poruchu metabolismu sacharidů?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu odpověď*

○ ano, diabetes mellitus 1. typu ○ ano, diabetes mellitus 2. typu ○ ano, zvýšený krevní cukr nalačno ○ ano, gestační diabetes (těhotenská cukrovka)
○ nemám
○ jiné

13 Myslíte si, že mohou mít alternativní sladidla vliv na zdraví člověka?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu odpověď*

◯ ano, pozitivní ◯ ano, negativní ◯ ne ◯ nevím

14 Myslíte si, že alternativní sladidla napomáhají při redukci tělesné hmotnosti?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu odpověď*

◯ ano ◯ ne ◯ nevím

15 Budete se po vyplnění dotazníku více zajímat o alternativní sladidla?

Nápověda k otázce: *Vyberte jednu odpověď*

◯ ano ◯ ne ◯ možná ◯ nevím