Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky

Náhradní sladidla ve výživě člověka

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Julie Marková

Obor studia: Kvalita potravin a zpracování zemědělských produktů

Vedoucí práce: doc. Ing. Boris Hučko, CSc.

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Náhradní 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 neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu své diplomové práce, panu doc. Ing. Borisovi Hučkovi, CSc., za vstřícný přístup, cenné rady a věnovaný čas při konzultacích. Chtěla bych poděkovat také paní Ing. Anitě Klímové, Ph.D., za odborné konzultace týkající se statistického vyhodnocování dotazníku a paní doc. Ing. Lence Kouřimské, Ph.D., za pomoc při organizování senzorické analýzy. Poděkování patří i všem respondentům, kteří poskytli své odpovědi v dotazníkovém šetření, a hodnotitelům, kteří byli ochotni se zúčastnit senzorické analýzy vybraných náhradních sladidel.

Náhradní sladidla ve výživě člověka

Souhrn

Tato práce měla za cíl na základě výsledků dotazníkového šetření vyhodnotit postoj občanů České republiky ke konzumaci náhradních sladidel a pomocí senzorické analýzy vybraných náhradních sladidel zhodnotit jejich chuťové vlastnosti, určit, jaká náhradní sladidla jsou preferovaná, a zjistit, zda mezi nimi existují rozdíly v chuti.

Sběr dat byl uskutečněn pomocí dotazníkového šetření, na kterém se podílelo 284 respondentů starších 18 let, a pomocí senzorické analýzy, které se zúčastnilo 14 hodnotitelů. Dotazník vyplňovali respondenti konzumující i nekonzumující náhradní sladidla . Obsahoval dohromady 28 otázek. Senzorická analýza se skládala z pořadové preferenční zkoušky, senzorického profilu chuti a trojúhelníkové zkoušky. U pořadové preferenční zkoušky a senzorického profilu bylo hodnoceno celkem 5 sladidel, jmenovitě sacharóza, aspartam, sacharin, steviol-glykosidy a sukralóza. Všechny vzorky byly převedeny do vodných roztoků. Pro trojúhelníkovou zkoušku byly použity vodné roztoky sacharózy a xylitolu. Výsledky dotazníkového šetření i senzorické analýzy byly graficky zpracovány v programu Microsoft Excel 2016 a statisticky vyhodnoceny v programu STATISTICA 12.

Práce si kladla za úkol vyhodnotit celkem 3 hypotézy, a to, že konzumace náhradních sladidel není závislá na pohlaví, že hlavní kritérium pro výběr náhradního sladidla spotřebitelem je jeho chuť a že mezi chutí xylitolu a sacharózy neexistuje významný rozdíl. Všechny tyto hypotézy byly potvrzeny.

Výsledky dotazníkového šetření ukazují, že nejčastějším důvodem konzumace náhradních sladidel byla jejich nižší energetická hodnota ve srovnání s cukrem. Nejkonzumovanějšími náhradními sladidly se staly steviol-glykosidy, aspartam, sukralóza a sorbitol. Nejčastěji respondenti uváděli konzumaci sušenek, bonbónů, džemů a marmelád oslazených náhradními sladidly. Z nápojů zmiňovali zejména limonády.

Nejpreferovanějším sladidlem v pořadové preferenční zkoušce byl v průměru cukr a nejhoršího umístění dosáhly steviol-glykosidy. Co se týče vyhodnocení senzorického profilu chuti, nejpříjemnější celkovou chuť měly v průměru cukr a aspartam. Naopak nejméně příjemnou chutí disponovaly steviol-glykosidy a sacharin. Nejintenzivnější sladkou chuť vykazoval sacharin a jako nejméně sladký byl označen aspartam. Největší intenzita pachuti byla zaznamenána u sacharinu a steviol-glykosidů, relativně prosté pachuti byly aspartam a cukr.

Mezi pozitivní vlastnosti konzumace náhradních sladidel se řadí jejich nízká nebo nulová energetická hodnota, antikariogenní potenciál a většinou minimální ovlivnění hladiny glukózy v krvi. Polyalkoholy mají navíc prebiotické schopnosti. Všechna sladidla dostupná v České republice musí schválit Evropský úřad pro bezpečnost potravin a při dodržování přijatelné denní dávky nehrozí spotřebiteli žádná zdravotní rizika.

Tato práce přinesla zhodnocení postoje spotřebitelů k náhradním sladidlům a vyhodnocení chuťových vlastností náhradních sladidel, včetně jejich oblíbenosti a existence rozdílů v chuti. Aspartam a xylitol by mohly být přijatelnými náhradami cukru, jelikož vykazují podobný chuťový profil jako cukr.

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

Sweeteners in human nutrition

Summary

Based on the results of a questionnaire survey, this work aimed to evaluate the attitude of Czech citizens to the consumption of sweeteners and use sensory analysis of selected sweeteners to evaluate their taste properties, determine which sweeteners are preferred, and whether there are differences in taste.

Data collection was carried out using a questionnaire survey, in which participated 284 respondents older than 18 years, and through sensory analysis, which was attended by 14 evaluators. The questionnaire was completed by respondents, who consume sweeteners as well as those, who do not. It contained a total of 28 questions. The sensory analysis consisted of a preference ranking test, a sensory taste profile, and a triangular test. A total of 5 sweeteners were evaluated for the preference ranking test and the sensory profile, namely sucrose, aspartame, saccharin, steviol glycosides, and sucralose. All samples were converted to aqueous solutions. Aqueous solutions of sucrose and xylitol were used for the triangular test. The results of the questionnaire survey and sensory analysis were graphically processed in Microsoft Excel 2016 and statistically evaluated in STATISTICA 12.

The work aimed to evaluate a total of 3 hypotheses, namely that the consumption of sweeteners is not dependent on gender, that the main criterion for consumer choice of sweetener is its taste and that there is no significant difference between the taste of xylitol and sucrose. All these hypotheses were confirmed.

The results of the questionnaire survey show that the most common reason for consuming sweeteners was their lower energy value compared to sugar. The most consumed sweeteners were steviol glycosides, aspartame, sucralose and sorbitol. Respondents most often reported the consumption of biscuits, candies, jams and marmalades sweetened with sweeteners. Regarding drinks, mainly lemonades were mentioned.

On average, the most preferred sweetener in the preference ranking test was sugar, and steviol glycosides were ranked as worst. Regarding the evaluation of the sensory taste profile, sugar and aspartame averaged the most pleasant overall taste. On the contrary, steviol glycosides and saccharin had the least pleasant taste. Saccharin showed the most intense sweet taste. Aspartame was designated as the least sweet. The highest flavour intensity was recorded for saccharin and steviol glycosides, aspartame and sugar left almost no aftertaste.

The positive qualities of consuming artificial sweeteners include their low or zero energy value, anti-cariogenic potential, and usually minimal effect on blood glucose levels. Besides, polyalcohols have prebiotic properties. All sweeteners available in the Czech Republic must be approved by the European Food Safety Authority. There is no health risk for consumers if the acceptable daily intake is complied with.

This work evaluated consumers´ attitudes towards sweeteners, the taste properties of sweeteners, including their popularity, and the differences in taste. Aspartame and xylitol could be acceptable sugar substitutes as they have a similar taste profile to sugar.

Keywords: artificial sweeteners, natural sweeteners, health, diabetes mellitus, food

Obsah

1 Úvod 1
2 Vědecká hypotéza a cíle práce 2
3 Literární rešerše 3
3.1 Historie objevu náhradních sladidel 3
3.2 Použití náhradních sladidel 4
3.3 Mechanismus sladké chuti náhradních sladidel 5
3.4 Rozdělení náhradních sladidel 6
3.4.1 Rozdělení podle původu 6
3.4.2 Rozdělení podle obsahu energie 6
3.4.3 Rozdělení podle sladivosti 7
3.5 Bezpečnost náhradních sladidel 8
3.6 Legislativa týkající se náhradních sladidel 9
3.7 Přehled náhradních sladidel používaných v Evropské unii 10
3.7.1 Přírodní náhradní sladidla 10
3.7.1.1 Steviol-glykosidy 10
3.7.1.2 Thaumatin 12
3.7.2 Syntetická sladidla totožná s přírodními – polyalkoholy 14
3.7.2.1 Pozitivní účinky polyalkoholů na lidský organismus 15
3.7.2.2 Negativní účinky polyalkoholů na lidský organismus 15
3.7.2.3 Bezpečnost polyalkoholů 15
3.7.2.4 Erythritol 15
3.7.2.5 Isomalt 16
3.7.2.6 Laktitol 16
3.7.2.7 Maltitol 17
3.7.2.8 Mannitol 17
3.7.2.9 Polyglycitolový sirup 18
3.7.2.10 Sorbitol 18
3.7.2.11 Xylitol 19
3.7.3 Syntetická sladidla 20
3.7.3.1 Acesulfam K 20
3.7.3.2 Advantam 21
3.7.3.3 Aspartam 21

3.7.3.4 Cyklamát 23
3.7.3.5 Neohesperidin dihydrochalkon 24
3.7.3.6 Neotam 25
3.7.3.7 Sacharin 25
3.7.3.8 Sukralóza 27
3.7.3.9 Sůl aspartamu-acesulfamu 28
3.8 Náhradní sladidla ve výživě diabetiků 29
3.9 Náhradní sladidla ve výživě těhotných žen 31
3.10 Vliv náhradních sladidel na gastrointestinální trakt 32
3.11 Vliv náhradních sladidel na tělesnou hmotnost 33
3.12 Náhradní sladidla jako prevence proti zubnímu kazu 34
3.13 Výroba potravin a nápojů s použitím náhradních sladidel 35
3.14 Zakázaná náhradní sladidla v České republice 36
4 Materiál a metody 39
4.1 Dotazníkové šetření 39
4.2 Senzorická analýza 40
5 Výsledky 43
5.1 Výsledky dotazníkového šetření 43
5.2 Výsledky senzorické analýzy 60
6 Diskuze 67
6.1 Dotazníkové šetření 67
6.2 Senzorická analýza 70
7 Závěr 73
8 Literatura 74

1 Úvod

Cukr je nedílnou součástí lidského života, jelikož dodává potravinám a nápojům sladkou chuť. Nelze jej ale konzumovat v neomezeném množství, protože přebytek cukru ve stravě napomáhá vzniku různých zdravotních problémů, jako jsou například kardiovaskulární onemocnění, diabetes mellitus 2. typu, obezita, hypertenze a onemocnění ledvin (Carocho et al. 2017).

Existují však i jiné látky, které potravinářským výrobkům propůjčují sladkou chuť. Nazýváme je náhradní sladidla. Jedná se o náhražky cukru, které se ve srovnání se sacharózou vyznačují nižší energetickou hodnotu a mají často mnohonásobně vyšší sladivost. Náhradní sladidla mohou být přírodního původu, syntetická totožná s přírodními sladidly, nebo čistě syntetická. Podle energetické hodnoty je můžeme rozdělit na energetická a neenergetická a podle sladivosti na intenzivní a objemová.

Mezi přírodní náhradní sladidla se řadí například steviol-glykosidy a thaumatin. Jedná se o látky přirozeně obsažené v určitých rostlinách, ze kterých se také získávají. Vyznačují se vysokou sladivostí. Disponují nižší energetickou hodnotou, než má sacharóza. Jejich používání s sebou často přináší i zdravotní benefity.

Jako syntetická náhradní sladidla totožná s přírodními se označují polyalkoholy, též nazývané jako cukerné alkoholy. Do této skupiny patří erythritol, isomalt, laktitol, maltitol, mannitol, polyglycitolový sirup, sorbitol a xylitol. V porovnání se sacharózou mají nižší energetickou hodnotu, ale jejich sladivost je menší, nanejvýše stejná. Bývají označovány jako sladidla objemná, jelikož je jich třeba přidat do potravinářských výrobků velké množství.

Zástupci čistě syntetických náhradních sladidel jsou například acesulfam K, aspartam, cyklamát, neohesperidin dihydrochalkon, neotam, sacharin a sukralóza. Jedná se o sladidla intenzivní, jelikož jsou mnohonásobně sladší než cukr. Do potravin a nápojů jich stačí přidat jen velmi malé množství, aby se dosáhlo požadované sladké chuti.

Náhradní sladidla ve výživě člověka plní funkci náhražek cukru zejména pro diabetické pacienty, i když lze konstatovat, že jsou používána širokou veřejností. Konzumace náhradních sladidel pro diabetiky nepředstavuje významné riziko, protože příliš nevychylují hladinu glukózy v krvi. Náhradní sladidla jsou využívána i ke snížení energetické hodnoty potravin a nápojů. Najdeme je zejména ve sladkostech, džemech, marmeládách, kompotech, mléčných výrobcích a limonádách, ale také v konzervách a žvýkačkách, případně mohou být součástí léčivých přípravků. Existují tak i lidé, kteří konzumují náhradní sladidla, aniž by si toho byli vědomi.

Protože bývají náhradní sladidla často považována za nástroj k boji proti diabetu mellitu, obezitě, nebo zubnímu kazu, jejich spotřeba celosvětově stoupá. Jedná se však o velmi diskutovanou skupinu potravinářských přídatných látek. Přestože některé teorie o nebezpečí plynoucího z používání náhradních sladidel byly už mnohokrát vyvráceny, zachovávají si zejména umělá sladidla nevalnou pověst. Přitom všechna náhradní sladidla na českém trhu musí být schválena Evropským úřadem pro bezpečnost potravin a také musí mít stanovený akceptovatelný denní příjem, což je množství určité látky v potravinách nebo nápojích, které může být během celého života přijímáno bez významného rizika pro zdraví (Čopíková et al. 2013).

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem práce bylo vyhodnotit na základě výsledků dotazníkového šetření postoj občanů České republiky ke konzumaci náhradních sladidel. Dalším cílem bylo provést senzorickou analýzu vybraných náhradních sladidel za účelem posouzení některých jejich chuťových vlastností, určení preferencí a zjištění existence rozdílů v chuti.

Hypotézy:

1. Konzumace náhradních sladidel není závislá na pohlaví.
2. Hlavní kritérium pro výběr náhradního sladidla spotřebitelem je jeho chuť.
3. Mezi chutí xylitolu a sacharózy neexistuje významný rozdíl.

3 Literární rešerše

3.1 Historie objevu náhradních sladidel

Relativně zajímavou kapitolu tvoří historie objevu umělých sladidel. Například sacharin byl popsán již v roce 1879 ruským chemikem Konstantinem Fahlbergem, který jej odhalil náhodou ve výzkumném oddělení Univerzity Johna Hopkinse. Zkoumal deriváty toluenu a omylem si na ruce vysypal směs, kterou vytvořil. Večer se vrátil domů a snědl kousek chleba, na kterém mu ulpěl zbytek sypké směsi z jeho neumytých rukou. Došlo mu, že za intenzivní sladkostí stojí určitá látka vyrobená v jeho laboratoři. Rozhodl se tedy ochutnat sloučeniny, se kterými pracoval, a zjistil, že za sladkou chutí stojí benzoový sulfimid, který nazval sacharin (Laskow 2014).

Přestože je sacharin jedním z nejstarších synteticky vytvořených sladidel, začal nabývat na popularitě až v průběhu první světové války. Američtí vojáci v Evropě potřebovali být zásobováni cukrem, ale ten nebyl dovážen v dostatečném množství, a tak se stal strategickou surovinou. Problém byl vyřešen dovozem sacharinu, kterého bylo naštěstí dostatek. Od té doby se sacharin začal široce používat v potravinářských výrobcích (Gabrovská & Chýlková 2017).

Za objevem cyklamátu stál v roce 1937 americký chemik Michael Sveda, který pocházel z dřívějšího Československa, ale emigroval do Spojených států amerických. Na sladkou chuť cyklamátu přišel při vývoji protihorečnatých látek v Univerzitě Illinois. Odložil si cigaretu na laboratorní stůl, kde se nacházely stopy připravovaných látek. Po chvíli si ji dal zpět do úst a zjistil, že má velmi sladkou chuť (Kučera 2017a).

Aspartam objevil v roce 1965 americký chemik James Schlatter ze společnosti G. D. Searle & Company při hledání léku proti žaludečním vředům. Sladké chuti si všiml poté, co si olízl palec potřísněný tekutinou obsahující aspartam. Acesulfam K byl objeven o dva roky později v laboratoři firmy Hoechst AG v Německu. Chemik Karl Clauss listoval v papírech politých acesulfamem K, olízl si prst a zaznamenal jeho sladkou chuť (Gabrovská & Chýlková 2017).

Z uvedených příkladů lze vyvodit, že za objevem valné většiny umělých sladidel stojí špatná hygiena rukou chemiků a nedodržování pravidel bezpečné práce v laboratoři. Jedná se tedy o šťastnou náhodu, která nám přinesla široký sortiment této skupiny sladidel.

Co se týče polyalkoholů, například erythritol poprvé objevil v roce 1848 skotský chemik John Stenhouse poté, co experimentoval s lišejníky. Prostřednictvím různých chemických procesů se mu podařilo získat čiré krystaly látky se sladkou chutí. Látku pojmenoval pseudo-orcin, ale později byl název změněn na erythritol (Petersson & Barregren 2019).

Z řady cukerných alkoholů lze dále zmínit sorbitol, který byl objeven v roce 1872 francouzským chemikem Josephem Boussingaultem. Podařilo se mu ho izolovat ze šťávy z bobulí jeřabin (Jain & Grover 2015).

Listy stévie byly jako přírodní sladidlo používány domorodými obyvateli v Paraguayi a Brazílii už od doby před zaznamenanou historií. V roce 1887 byl botanik Moisés Santiago Bertoni prvním Evropanem, který popsal stévii, a později v roce 1931 francouzští chemici Bridel a Lavielle extrahovali ze stévie steviol-glykosidy (Jain & Grover 2015).

3.2 Použití náhradních sladidel

Jak již bylo řečeno, náhradní sladidla představují možnost, která nám poskytuje sladkou chuť s méně kaloriemi, než má cukr, nebo zcela bez kalorií. Používají se tedy tam, kde chceme dosáhnout sladké chuti bez přídavku cukru. Jedná se zejména o potraviny a nápoje.

Do skupiny potravin, ve kterých lze nalézt náhradní sladidla, můžeme zařadit bonbóny, sušenky, čokolády, lízátka, oplatky a další druhy sladkostí, dále kompoty, džemy, marmelády, mléčné výrobky, konzervy, nakládanou zeleninu, kečupy, pečivo a další. Náhradní sladidla nejenže dokážou potravině dodat sladkou chuť, ale také mohou prodloužit její dobu skladovatelnosti a mikrobiologickou stabilitu, a to beze změn požadovaných organoleptických vlastností produktu (Gabrovská & Chýlková 2017).

V potravinách nachází široké uplatnění zejména polyalkoholy. Nevyužívají se jen jako sladidla, ale také jako zvýrazňovače chuti a vůně (erythritol), stabilizátory (laktitol), zahušťovadla (sorbitol), protispékavé látky (isomalt), leštící látky (isomalt), nebo například jako zvlhčující látky (maltitol) (Gabrovská & Chýlková 2017).

Existuje i celá řada nápojů oslazených náhradními sladidly. Jedná se především o limonády, ledové čaje, sirupy, energetické nápoje, sportovní nápoje, alkoholické nápoje a ledové kávy. Pokud jsou nápoje oslazeny pouze náhradním sladidlem, nalezneme je v obchodech označené jako bez cukru.

Kromě potravin a nápojů se lze s náhražkami cukru setkat i ve farmaceutickém průmyslu. Značné využití nachází v sirupech proti kašli a pastilkách proti bolesti v krku. Tyto přípravky jsou vhodné i pro diabetické pacienty. Náhradní sladidla ale nejsou používána jen touto vymezenou skupinou obyvatel. Díky své nízké energetické hodnotě jsou oblíbená mezi pacienty trpícími obezitou, ale i u lidí, kteří se snaží snížit celkový energetický příjem a zhubnout. Výjimkou nejsou ani osoby, které chtějí omezit příjem cukru například kvůli prevenci určitých zdravotních problémů (Račická 2012).

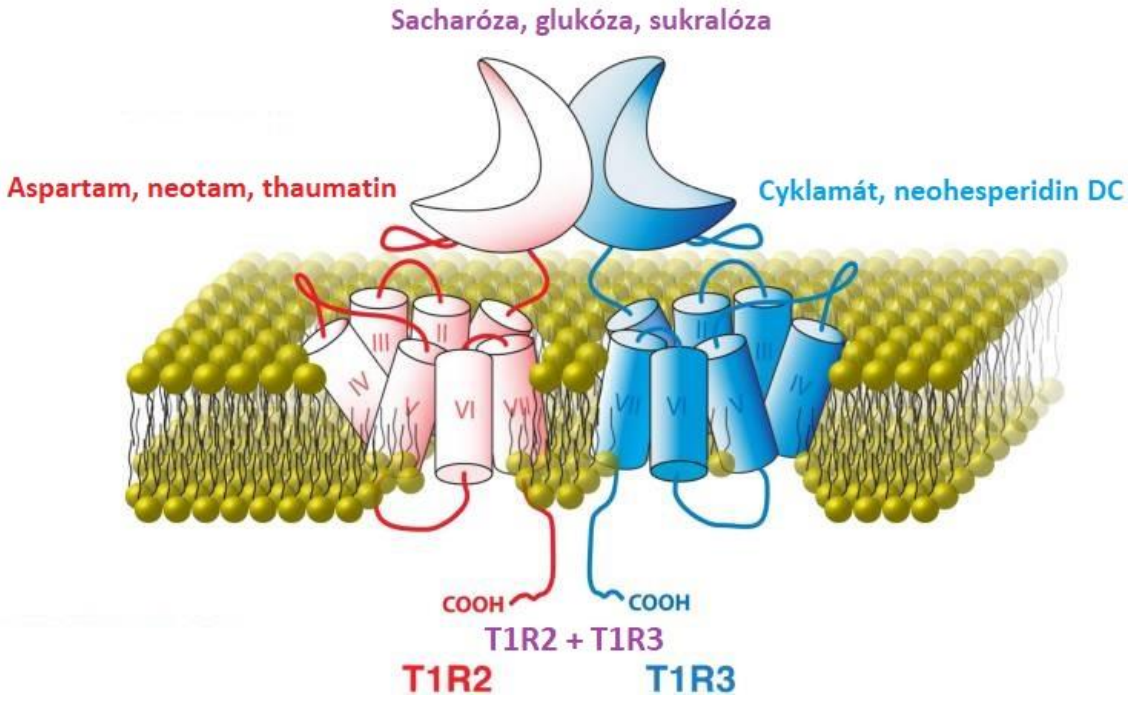
Na rozdíl od cukru nezpůsobují náhradní sladidla tvorbu zubního kazu. Některá z nich naopak slouží jako prevence proti jeho vzniku, proto se hojně přidávají do žvýkaček, zubních past a ústních vod.

3.3 Mechanismus sladké chuti náhradních sladidel

Nejdůležitějším znakem náhradních sladidel je nepochybně jejich sladkost. Měří se ve vztahu k sacharóze, která je považována za referenční cukr se sladící schopností 1. Aby byl člověk schopen vnímat intenzitu sladké chuti, musí být náhradní sladidlo nejprve rozpuštěno ve slinách a poté přijít do kontaktu s receptory na jazyku (Carocho et al. 2017).

Chuťový smysl dokáže rozpoznat různé chemické podněty, například sladkou, kyselou, slanou, hořkou a umami chuť. K rozeznání chutí dochází pomocí specializovaných chuťových buněk seskupených na jazyku do malých skupin. Jedná se o chuťové pohárky. Aktivace těchto buněk způsobí uvolnění neurotransmiterů, které přenesou informace o chuti do mozku a ten je pak dále zpracovává. Pro vnímání sladké chuti v ústech se uplatňují sladké receptory (Fernstrom et al. 2012).

Signalizaci sladké chuti mají na starost receptory T1R2 a T1R3. Sloučeniny vyvolávající sladkou chuť se na tyto receptory vážou a aktivují je. Sacharóza, glukóza a některá náhradní sladidla (například sukralóza) se vážou na receptory T1R2 i T1R3. Aspartam, neotam a thaumatin se vážou pouze na T1R2. Naopak cyklamát a neohesperidin DC jen na T1R3 (Fernstrom et al. 2012). Výše popsanou situaci znázorňuje Obrázek č. 1.



Obrázek č. 1: Vazba vybraných náhradních sladidel na receptory sladké chuti, upraveno (Fernstrom et al. 2012)

3.4 Rozdělení náhradních sladidel

3.4.1 Rozdělení podle původu

3.4.1.1 Přírodní náhradní sladidla

Přírodní náhradní sladidla jsou rostlinné látky, které mají vysokou sladivost a prakticky žádnou energetickou hodnotu. Získávají se z rostlin extrakcí neboli vyluhováním. Řadíme sem steviol-glykosidy, dále thaumatin, mogrosidy, brazzein, monatin a další (Jain & Grover 2015).

V důsledku vysoké poptávky spotřebitelů po přírodních sladidlech jejich spotřeba neustále roste (Carocho et al. 2017).

3.4.1.2 Syntetická sladidla totožná s přírodními

Do skupiny syntetických sladidel totožných s přírodními se řadí polyalkoholy, též označované jako polyoly nebo cukerné alkoholy. Mají menší energetickou hodnotu než sacharóza, ale jsou oproti ní méně sladké, nebo nanejvýše stejně sladké. Spadá sem například erythritol, isomalt, maltitol, mannitol, sorbitol a xylitol (Jain & Grover 2015).

Jedná se o látky, které můžeme v malém množství nalézt v jistých druzích ovoce a zeleniny. Průmyslově se však vyrábějí zejména chemickou cestou, a to pomocí fermentace rostlinných polysacharidů (Gabrovská & Chýlková 2017).

3.4.1.3 Syntetická sladidla

Syntetická sladidla jsou mnohonásobně sladší než cukr a mají nulovou nebo zanedbatelnou energetickou hodnotu. Lze je vyrábět pouze syntetickou cestou, v přírodě se totiž nevyskytují. Označujeme je pojmem umělá sladidla (Račická 2012).

Jejich výroba je založena na několikastupňové chemické syntéze. Důraz je kladen na vysokou kvalitu produktu, stejně jako je tomu například u farmaceutických výrob. Do skupiny umělých sladidel se řadí například acesulfam K, advantam, aspartam, cyklamát, neotam, sacharin, nebo sukralóza (Gabrovská & Chýlková 2017).

3.4.2 Rozdělení podle obsahu energie

3.4.2.1 Energetická sladidla

Do třídy energetických neboli výživných sladidel spadají polyalkoholy, které mají přibližně o třetinu méně energie než cukr. Výjimku tvoří erythritol, který má nulovou energetickou hodnotu.

3.4.2.2 Neenergetická sladidla

Mezi neenergetická neboli nevýživná sladidla se řadí přírodní náhradní sladidla a umělá sladidla. Do této skupiny patří i již zmiňovaný erythritol ze skupiny polyalkoholů. Neenergetické náhražky cukru jsou charakterizovány nulovou nebo velmi nízkou energetickou hodnotou, zejména v přepočtu na použité množství sladidla ve výrobku.

3.4.3 Rozdělení podle sladivosti

3.4.3.1 Objemová sladidla

Jako objemová sladidla lze označit polyalkoholy. Jelikož mají menší sladivost než cukr, nebo maximálně stejnou, je jich potřeba přidat do výrobku velké množství. Vyrábějí se v krystalické podobě a vypadají velmi podobně jako běžný krystalický cukr (Gabrovská & Chýlková 2017). Relativní sladkost povolených cukerných alkoholů udává Tabulka č. 1.

3.4.3.2 Intenzivní sladidla

Intenzivní sladidla jsou látky zpravidla stokrát až tisíckrát sladší než cukr. Jedná se o skupinu přírodních a umělých sladidel. Díky jejich vysoké intenzitě sladivosti jich pro oslazení potravinářského výrobku stačí použít mnohem menší množství než cukru (Jain & Grover 2015).

Obvykle se tato sladidla prodávají ve formě tablet, není ale výjimkou, že se přidávají v malých množstvích i do kapalných nebo práškových forem stolních sladidel (Gabrovská & Chýlková 2017). Relativní sladkost některých intenzivních sladidel udává Tabulka č. 1.

Tabulka č. 1: Relativní sladkost některých náhradních sladidel, upraveno

Náhradní sladidlo	Relativní sladkost
Acesulfam K	200
Aspartam	200
Cyklamát	35
Neohesperidin DC	1500
Sacharin	400
Sukralóza	500
Steviol-glykosidy	100
Thaumatin	2000
Erythritol	0,7
Isomalt	0,6
Laktitol	0,4
Maltitol	0,8
Mannitol	0,6
Sorbitol	0,6
Xylitol	1

(Burgess 2014)

3.5 Bezpečnost náhradních sladidel

Zdravotní nezávadnost potravinářských přídatných látek včetně náhradních sladidel posuzuje od roku 1955 Společný výbor expertů pro potravinářská aditiva JECFA. Výbor vypracoval koncepci stanovení jejich akceptovatelného denního příjmu. Potravinářské přídatné látky v Evropě schvaloval v letech 1974-2001 Vědecký výbor pro potraviny SCF. Od roku 2002 ale převzal tuto činnost Evropský úřad pro bezpečnost potravin EFSA, konkrétně jeho vědecký panel ANS (panel on food additives and nutrients sources added to food). Jeho hlavní činnost spočívá ve schvalování a vydávání seznamu povolených sladidel s jejich příslušnými E kódy (Račická 2012).

V České republice se problematikou bezpečnosti a zdravotní nezávadnosti potravinářských přídatných látek zabývá Národní referenční laboratoř pro aditiva v potravinách, která spadá pod Státní zdravotní ústav. Dodržování předpisů stanovených pro používání potravinářských přídatných látek kontrolují dozorové orgány Ministerstva zemědělství České republiky. Jedná se o Státní zemědělskou a potravinářskou inspekci a Státní veterinární správu (Informační centrum bezpečnosti potravin 2018).

Při hodnocení nezávadnosti náhradních sladidel se lze často setkat s termínem přijatelná denní dávka (ADI, acceptable daily intake). Jedná se o maximální množství sladidla, které lze konzumovat každý den po celou dobu života bez toho, aniž by představovalo riziko pro zdraví spotřebitele. Vyjadřuje se v miligramech na kilogram tělesné hmotnosti (Čopíková et al. 2013).

Hodnota ADI je založena na hladině NOAEL (no observed adverse effect level). Jedná se o nejvyšší dávku, kterou byla krmena zvířata v dlouhodobých studiích bez toxikologických účinků. Aby se zajistilo, že výsledná přijatelná denní dávka bude bezpečná pro všechny potenciální spotřebitele, je NOAEL dělen bezpečnostním faktorem 100. Výsledkem je pak ADI (Magnuson et al. 2017).

Aby mohla být stanovena přijatelná denní dávka určitého náhradního sladidla, musí se vzít v úvahu všechny nežádoucí účinky, které mohou nastat při jeho konzumaci. Ty se poté prověřují v různých testech, často se jedná o experimenty na zvířatech. Bezpečnostní faktor se používá z toho důvodu, že existují určité okolnosti, se kterými musíme počítat při převodu výsledků z experimentálních podmínek na člověka. Jedná se například o rozdíly mezi zvířaty a lidmi, také o rozdíly mezi jednotlivými lidmi, včetně rozdílů ve zdravotním stavu, výživě, věku a dalších okolnostech (Informační centrum bezpečnosti potravin 2018).

Pro všechna náhradní sladidla v Evropské unii platí, že musí projít hodnocením bezpečnosti dříve, než jsou schválena pro použití do potravin. Pokud EFSA povolí určité sladidlo, znamená to, že se ho spotřebitelé nemusí obávat (Gabrovská & Chýlková 2017).

Mnoho studií se zajímá bezpečností náhradních sladidel, například Kroger et al. (2006) provedli rozsáhlý vědecký výzkum, ve kterém uvádí, že prokázali bezpečnost pěti umělých sladidel schválených pro použití v potravinách a nápojích. Jedná se o acesulfam K, aspartam, neotam, sacharin a sukralózu.

Vasconcelos et al. (2017) ve své studii vyhodnotili karcinogenní potenciál aspartamu, sukralózy, sodné soli sacharinu a steviol-glykosidů s pomocí octomilky *Drosophila melanogaster* Meigen, 1830. Učinili závěr, že za těchto experimentálních podmínek nemají vyjmenovaná sladidla u *Drosophila melanogaster* karcinogenní účinek.

3.6 Legislativa týkající se náhradních sladidel

Česká legislativa je harmonizována s legislativou Evropské unie. V Evropské unii se smí používat do potravin celkem 19 náhradních sladidel. Jejich výčet uvádí Tabulka č. 2.

Jako sladidla se podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách označují látky používané k tomu, aby byla potravinám nebo stolním sladidlům dodána sladká chuť (Gabrovská & Chýlková 2017). Za náhradní sladidla nelze považovat monosacharidy a disacharidy, nespadají pod ně ani potraviny se sladkou chutí, jako je například med (SZPI 2017).

Jak již bylo řečeno, náhradní sladidla patří do skupiny potravinářských přídatných látek neboli aditiv. Musí tedy splňovat stejné podmínky, jaké jsou nastoleny pro potravinářské přídatné látky s jinými technologickými účinky. Použita mohou být jen v případě, že je jejich přídavek do potraviny nebo nápoje povolen a že mají v potravině nebo nápoji technologické opodstatnění (Gabrovská & Chýlková 2017).

Tabulka č. 2: Sladidla schválená pro použití do potravin v Evropské unii

E kód	Název
E 420	sorbitol
E 421	mannitol
E 950	acesulfam K
E 951	aspartam
E 952	kyselina cyklamová a její sodná a vápenatá sůl
E 953	isomalt
E 954	sacharin a jeho sodná, draselná a vápenatá sůl
E 955	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

(Gabrovská & Chýlková 2017)

3.7 Přehled náhradních sladidel používaných v Evropské unii

3.7.1 Přírodní náhradní sladidla

3.7.1.1 Steviol-glykosidy

Stevia rebaudiana Bertoni, českým názvem stévie sladká, je vytrvalá rostlina pocházející z Paraguaye. Označuje se také jako sladká tráva či medové lístky. Jedná se o neenergetické přírodní sladidlo, které má nulový obsah kalorií (Jain & Grover 2015).

V listech stévie lze nalézt přes 100 různých sloučenin. Nejznámější jsou sladké složky steviosid, steviobiosid, rebaudiosid A, B, C, D, E a F a dulkosid A. Steviosid je ve stévii přítomen v největším množství. Najdeme ho v této rostlině okolo 5-10 %. Rebaudiosid A tvoří 2-5 %, rebaudiosid C 1 % a ostatní sloučeniny pod 1 % rostliny. Souhrnně označujeme sladké složky stévie názvem steviol-glykosidy. Jedná se o diterpenoidní glykosidy obsahující steviol, což je aglykon neboli necukerná složka glykosidu. Chemickou strukturu steviolu, steviosidu a rebaudiosidu A zobrazuje Obrázek č. 2 (Carocho et al. 2017).

Intenzita sladkosti stévie je předmětem mnoha studií. Vysoce kvalitní listy stévie jsou přibližně 30krát sladší než sacharóza. Bylo ale dokázáno, že se zvyšující se koncentrací steviol-glykosidů v roztoku jeho sladkost neroste tak účinně, jako je tomu u roztoku se sacharózou. To znamená, že dvojitá koncentrace sacharózy způsobuje dvojitou sladkost roztoku, ale není tomu tak u steviol-glykosidů. Proto je obtížné přesně určit jejich sladící schopnost, nicméně je odhadováno, že mají asi 300krát větší sladivost než sacharóza (Kurek & Krejpcio 2019).

Steviol-glykosidy nemají jen čistě sladkou chuť. Kvůli styku s receptory hořké chuti hT2R4 a hT2R14 způsobují hořkou pachuť. Další nevýhodou je, že jejich sladká chuť je cítit na jazyku mnohem delší dobu, než je tomu u sacharózy (Kurek & Krejpcio 2019).

Se steviosidem a rebaudiosidem A se lze v potravinářském průmyslu setkat nejčastěji. Existuje mezi nimi ale rozdíl. Steviosid způsobuje intenzivnější hořkou pachuť než rebaudiosid A, který je jí do značné míry prostý. Protože steviosid může vyžadovat úpravu chuti, byly vyvinuty glykosylované steviolové glykosidy a další enzymem modifikované steviolové glykosidy ke snížení zmiňované hořké pachuti (Wang et al. 2020).

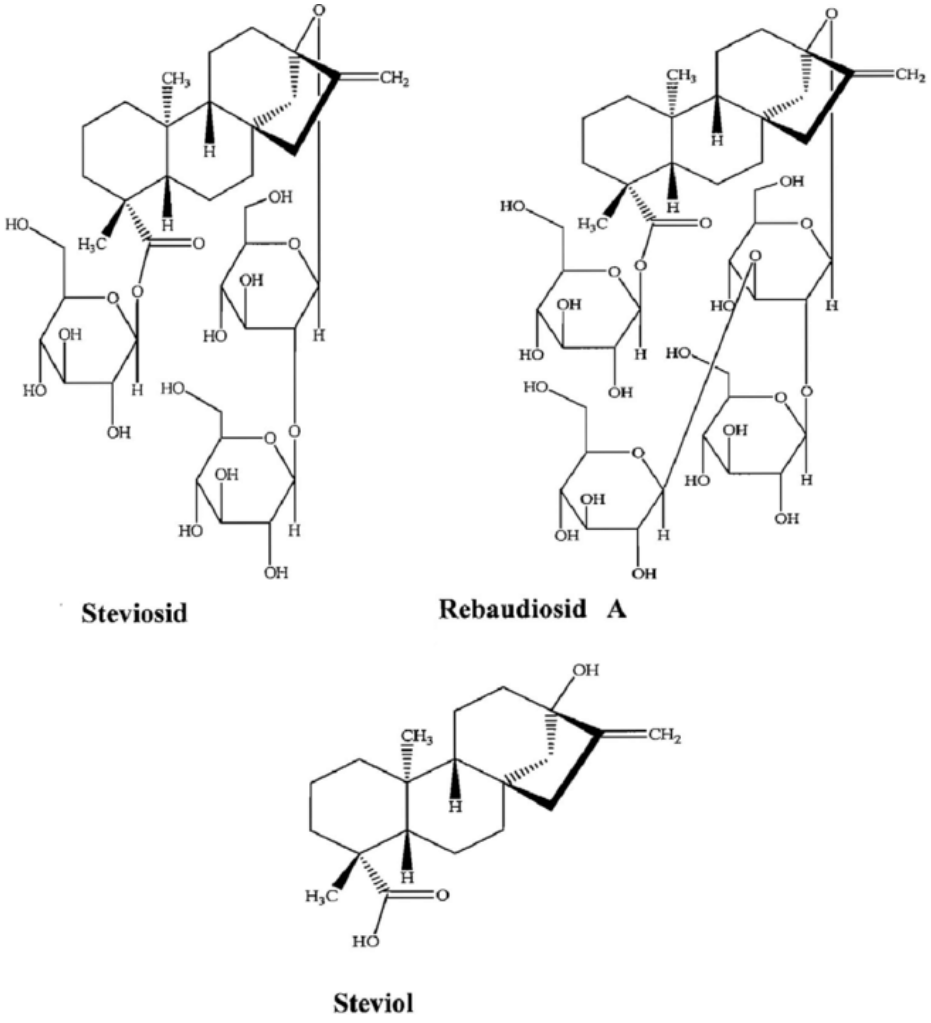
Existuje vícero možností, jak získat z listů stévie steviol-glykosidy. Komerčně bývají ale tyto sloučeniny extrahovány jen jedním způsobem, a to v několika krocích. Nejprve se usuší a rozdrtí listy stévie. Poté jsou enzymaticky hydrolyzovány, díky čemuž dojde k narušení struktury buněčných stěn suroviny. V dalším kroku se namáčí v horké vodě nebo v organickém rozpouštědle. Vzniklý extrakt obsahuje všechny rozpustné složky rostliny. Je však nutné odstranit zbytky listů a další nežádoucí sloučeniny, což bývá uskutečněno například změnou pH či přídavkem anorganických solí. Nakonec se během filtračního procesu vyloučí z roztoku sraženina. K zajištění nejvyšší čistoty výrobku musí být uplatněny techniky založené na vícenásobném máčení v alkoholu, membránové ultrafiltraci a krystalizaci. Nakonec se použije sušení pomocí rozprašování. Výsledkem je bílý krystalický prášek (Kurek & Krejpcio 2019).

Steviol-glykosidy jsou odolné vůči vysoké teplotě, širokému rozmezí pH a dlouhodobému vystavení slunečnímu záření. Odolávají i působení 120 °C po dobu jedné hodiny (Kurek & Krejpcio 2019).

Co se týče trávení, steviolové glykosidy nejsou absorbovány v horním gastrointestinálním traktu. V tlustém střevě je střevní mikrobiom hydrolyzuje na steviol. Velké množství steviolu se rychle vstřebá a je transportováno do jater, kde dochází k jeho konjugaci s glukuronidem a ke vzniku steviol-glukuronidu. Poté nastane vyloučení z organismu zejména prostřednictvím moči, ale i výkalů (Anker et al. 2019).

Steviol-glykosidy jsou v Evropské unii klasifikovány jako potravinářské přídatné látky pod číslem E 960. Používání extraktů ze stévie je stále běžnější. Lze je nalézt například v čokoládě, jogurtech, džemech, zmrzlině, kečupech, konzervované zelenině, žvýkačkách a nápojích. Prodávají se i ve formě stolních sladidel (Kurek & Krejpcio 2019).

Přestože mají steviol-glykosidy velký průmyslový potenciál, chybí jim některé žádoucí vlastnosti sacharózy, se kterou bývají náhradní sladidla často srovnávána. Neúčastní se například tvorby struktury produktu a nemají pozitivní vliv na jeho barvu. Proto je obtížné jimi zcela nahradit sacharózu. Přesto v sobě skrývají některé důležité výhody. Díky jejich nulové energetické hodnotě, zdravotní nezávadnosti a možným zdraví prospěšným účinkům jsou atraktivnější volbou než stolní cukr (Kurek & Krejpcio 2019).



Obrázek č. 2: Chemická struktura steviolu, steviosidu a rebaudiosidu A, upraveno (Carakostas et al. 2008)

3.7.1.1.1 Pozitivní účinky stévie a steviol-glykosidů na lidský organismus

Stévie obsahuje nepřeberné množství biochemicky aktivních látek a vykazuje terapeutické přínosy v léčbě chronických onemocnění včetně nadváhy a obezity, diabetu mellitu, zánětlivých střevních onemocnění, ztučnění jater, srdeční fibrózy, fibrózy jater, určitých typů rakoviny, hypertenze a chronických onemocnění ledvin (Wang et al. 2020).

Pozitivní účinky preparátů ze stévie jsou dávány do souvislosti s tím, že vykazují protizánětlivé, antikariogenní (chránící proti zubnímu kazu), antioxidační, antibakteriální, antihypertenzivní a chemopreventivní účinky. Glykémii pomáhají regulovat několika mechanismy, a to ovlivněním absorpce glukózy, zlepšením sekrece inzulínu a zvýšením koncentrace transportérů glukózy (Kurek & Krejpcio 2019).

Fakt, že steviol-glykosidy mohou konzumovat diabetičtí pacienti bez obav, potvrdili Maki et al. (2008a), kteří pozorovali u diabetiků účinek chronické spotřeby steviol-glykosidů, a zjistili, že nemění homeostázu glukózy.

Smíšené výsledky byly publikovány v případě účinku steviolových glykosidů na krevní tlak. Chan et al. (2000) zjistili pokles systolického a diastolického krevního tlaku u pacientů s hypertenzí po konzumaci 250 mg tobolky steviol-glykosidu denně po dobu jednoho roku. Ve studii Maki et al. (2008b) však nezaznamenali žádné významné změny krevního tlaku po konzumaci 1000 mg steviol-glykosidu denně po dobu 4 týdnů. Tato studie ale byla provedena na zdravých jedincích, kteří netrpěli hypertenzí.

3.7.1.1.2 Negativní účinky steviol-glykosidů na lidský organismus

Dlouho se diskutovalo o tom, zda steviol-glykosidy nemohou vyvolat alergické reakce. Několik zdokumentovaných případů bylo hlášeno ještě před uvedením vysoce čistých produktů na trh v roce 2008. Od té doby ale nebyly hlášeny žádné další případy (Urban et al. 2015).

Také EFSA se shoduje na tom, že vysoce čisté steviol-glykosidy nejsou pro běžnou populaci alergenní záležitostí (Younes et al. 2020). Při konzumaci steviol-glykosidů nebyly pozorovány ani žádné další významné negativní účinky (Barriocanal et al. 2008).

3.7.1.1.3 Bezpečnost steviol-glykosidů

Steviol-glykosidy byly na základě pozitivního stanoviska úřadu EFSA v Evropské unii přidány do schváleného seznamu potravinářských přídatných látek v roce 2011. Hodnota ADI je pro ně stanovena na 4 mg/kg tělesné hmotnosti na den (Informační centrum bezpečnosti potravin 2020a). Protože nebylo doposud zcela odhaleno chemické složení stévie, mohou se v Evropské unii používat jen steviol-glykosidy, nikoliv listy stévie (Wang et al. 2020).

Nebyla prokázána karcinogenita ani mutagenita steviol-glykosidů. Považují se všeobecně za bezpečné. Bylo zjištěno, že ani dávka 15 g/kg tělesné hmotnosti nebyla pro myši, krysy a křečky smrtelná (Jain & Grover 2015).

3.7.1.2 Thaumatin

Thaumatin je obecný název pro směs silně sladkých bílkovin, které lze extrahovat z endemické trvalky *Thaumatococcus daniellii* Bennet pocházející ze západní Afriky. Tato rostlina plodí ovoce označované názvem katemfe. Obsahuje semeníky, které v sobě

ukrývají sladké proteiny. Jedná se o směs bílkovin thaumatin I a thaumatin II, které se vyznačují podobnou aminokyselinovou sekvencí (Jain & Grover 2015).

Thaumatin se řadí mezi neenergetická sladidla. Má energetickou hodnotu stejnou, jako je tomu běžné u ostatních proteinů, tedy 4 kcal/g. Přestože sacharóza poskytuje také přibližně 4 kcal/g, díky mnohonásobně vyšší sladivosti thaumatinu se do potravin přidává v daleko menším množství (Kučera 2017b). Jako sladidla jsou thaumatin I a thaumatin II přibližně 2000-3000krát sladší než sacharóza, i když jejich sladkost se vyvíjí poměrně pomalu a poskytují kromě sladké chuti také zbytkovou lékořicovou pachuť (Carocho et al. 2017).

Co se týče výroby, thaumatin I a thaumatin II jsou extrahovány z rostliny pomocí vodného extrakčního procesu. Aby byl odstraněn nežádoucí materiál, následuje po tomto kroku proces fyzikální separace. Výsledným produktem je světle žlutohnědý prášek (Jain & Grover 2015). Z hlediska stability má thaumatin vysokou odolnost vůči teplu a neovlivňuje ho ani kyselé pH. Kromě toho se velmi dobře rozpouští ve vodě (Carocho et al. 2017).

Protože se thaumatin řadí mezi proteiny, předpokládá se, že by měl být v lidském těle metabolizován stejným způsobem, jako je tomu u jiných rostlinných bílkovin (Jain & Grover 2015).

E kód thaumatinu nese označení E 957. V potravinářském průmyslu se používá zejména v kombinaci s aspartamem nebo steviol-glykosidy. Najdeme ho například ve zmrzlinách a jogurtech, ale kvůli vysokým nákladům na jeho výrobu není používán ve velkém měřítku (Račická 2012). Uplatňuje se také jako látka zlepšující chuť a vůni. Navíc se přidává do tekutých léčivých přípravků pro maskování hořké a svíravé chuti (Jain & Grover 2015).

3.7.1.2.1 Pozitivní účinky thaumatinu na lidský organismus

Thaumatin vykazuje nulový glykemický index, což z něj činí vhodnou volbu pro diabetiky. Nekvasí v ústech a nepoškozuje zuby (Jain & Grover 2015).

3.7.1.2.2 Bezpečnost thaumatinu

Jako sladidlo je thaumatin schválen pro použití v Evropské unii od roku 1984. Jeho hodnota ADI nebyla specifikována. Thaumatin nevykazuje mutagenní ani teratogenní účinky. Výsledky výzkumů ukazují, že při předpokládané úrovni jeho spotřeby je bezpečný (Jain & Grover 2015).

3.7.2 Syntetická sladidla totožná s přírodními – polyalkoholy

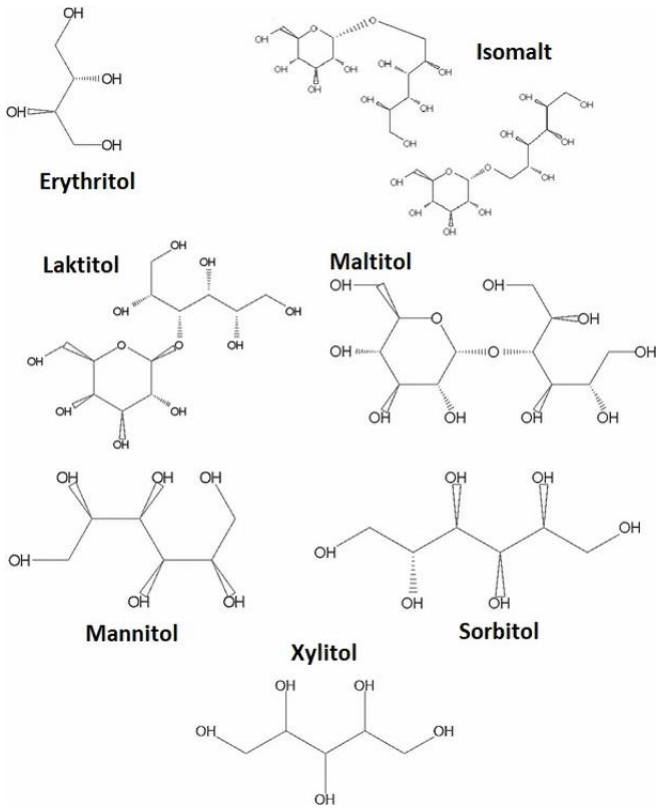
Alkoholické cukry, též nazývané jako polyalkoholy, polyoly, cukerné alkoholy nebo alditoly, jsou alkoholy obsahující více než 2 hydroxylové skupiny, které vznikly redukcí karbonylových skupin monosacharidů. Chemická struktura jednotlivých polyolů je znázorněna na Obrázku č. 3. Mají zpravidla nižší sladivost než sacharóza, ale v porovnání s ní obsahují asi o třetinu méně energie. Díky endotermní reakci (spotřebovává se při ní teplo) vyvolávají při konzumaci chladivý pocit v ústech (Račická 2012).

Mnoho polyolů se přirozeně vyskytuje v přírodě, zejména v ovoci a zelenině, ale pro potravinářské účely se vyrábí z monosacharidů nebo polysacharidů. Lze je používat samostatně, ale častěji se uplatňuje kombinace s jinými náhradními sladidly. Potraviny obsahující cukerné alkoholy a žádné přidané cukry mohou být označeny jako bez cukru (Fitch & Keim 2012).

Jedná se o bílé pevné látky ve vodě rozpustné. Uchovávají si svou stabilitu při vysokých teplotách, odolávají i změnám pH a nezasahují do Maillardových reakcí (Carocho et al. 2017).

Polyoly bývají jen málo stravitelné. Energie jimi poskytovaná se liší kvůli rozdílům ve stravitelnosti. Jsou absorbovány pomalu a neúplně pasivní difúzí a fermentovány bakteriemi tlustého střeva, což vede ke vzniku mastných kyselin s krátkým řetězcem (Račická 2012).

Nachází využití v potravinářském průmyslu. Konkrétně se uplatňují při výrobě cukrovinek, sušenek, pečiva, žvýkaček a dalších komodit, dále ve farmaceutickém průmyslu pro výrobu zubních past a v dermatologii jako zvláčňovadla a zvlhčovadla (Račická 2012). Jejich průmyslová výroba začala ve 20. letech 20. století s nadějí vyhnout se zdravotním problémům souvisejícím s nadměrnou spotřebou sacharózy. V současné době jsou polyoly jednou z nejvíce konzumovaných skupin sladidel (Carocho et al. 2017).



Obrázek č. 3: Chemická struktura cukerných alkoholů, upraveno (Grembecka 2015)

3.7.2.1 Pozitivní účinky polyalkoholů na lidský organismus

Jelikož polyoly nejsou fermentovatelné orálními bakteriemi, chovají se šetrně k zubům a nepodporují tvorbu zubního kazu. Některé z nich dokonce pomáhají snižovat tvorbu zubního plaku (Mooradian et al. 2017).

Cukerné alkoholy mají většinou nízký glykemický index a vzhledem k jejich relativně pomalé absorpci nezasahují příliš do hladiny cukru v krvi (Awuchi & Echeta 2019). Mohou tedy představovat vhodnější alternativu sacharózy pro diabetické pacienty.

3.7.2.2 Negativní účinky polyalkoholů na lidský organismus

Spotřeba některých cukerných alkoholů může mít za následek laxativní (projímavé) účinky, dále významné zvýšení nadýmání, koliky a frekvence vyprazdňování (Fitch & Keim 2012). Proto byl vyvinut tzv. laxativní práh, který určuje maximální doporučovanou denní dávku každého polyalkoholu. Je definován jako množství látky, kterou může člověk zkonzumovat bez toho, aniž by se u něho vyskytly nějaké zažívací potíže (Kučera 2017c).

Konzumace cukerných alkoholů se nedoporučuje pro kojence z důvodu, že u nich mohou vyvolat těžké průjmy, které mohou způsobit například dehydrataci kojence (Carocho et al. 2017).

3.7.2.3 Bezpečnost polyalkoholů

Evropský úřad pro bezpečnost potravin vyhodnotil, že všechny schválené polyoly jsou nekarcinogenní a při předpokládané úrovni jejich spotřeby jsou bezpečné pro konzumaci lidmi (Ruiz-Ojeda et al. 2019).

Protože se cukerné alkoholy obecně považují za bezpečné, nebyl pro ně stanoven ani akceptovatelný denní příjem. To znamená nejvyšší hodnocení bezpečnosti, které lze u potravinářských přídatných látek získat (European Association of Polyol Producers 2020).

3.7.2.4 Erythritol

Erythritol je jediné neenergetické sladidlo ze skupiny polyalkoholů. Obsahuje přibližně 0,2 kcal/g. Sladivost se pohybuje na úrovni 60-70 % sladivosti sacharózy. Kromě sladké chuti poskytuje také chladivý pocit v ústech (Jain & Grover 2015).

Přirozeně se vyskytuje v některých druzích ovoce, například v melounu, hruškách a hroznech, ale nachází se také v zelenině, žampionech, medu a řasách (Carocho et al. 2017). Na rozdíl od ostatních polyolů se erythritol nezískává přímou katalytickou hydrogenací, jelikož by náklady na výrobu byly vysoké (Grembecka 2015). Protože se vyrábí na komerční úrovni nejčastěji fermentací, lze ho zařadit mezi sladidla přírodní. Získává se pomocí fermentace glukózy a sacharózy za použití nepatogenních kvasinek (Mooradian et al. 2017).

Jedná se o bílou bezvodou nehygroskopickou krystalickou látku, která bývá k dostání ve formě prášku nebo granulí. Vzhledově připomíná sacharózu. Vykazuje vysokou stabilitu a nerozkládá se v kyselém ani zásaditém prostředí. Je odolný vůči vysokým teplotám, snese i teploty kolem 180 °C (Jain & Grover 2015).

Klinické studie prokázaly, že je erythritol nejlépe tolerovaný polyol. Může být konzumován na relativně vysoké úrovni bez vedlejších účinků. Nezpůsobuje gastrointestinální

potíže ani při konzumní hladině 2-4krát vyšší než u jiných polyolů. Navíc nevyvolává žádnou glykemickou odpověď, je tedy vhodný k použití pro diabetiky (Jain & Grover 2015). Laxativní práh erythritolu je stanoven na úrovni až 125 g/den. V dávce nad 50 g však může způsobovat u citlivějších jedinců nauzeu nebo kručení v břiše (Račická 2012).

Díky své nízké molekulové velikosti není metabolizován. Vstřebávání nastává v tenkém střevě. Absorbovaný erythritol je poté v těle rychle distribuován. Na rozdíl od jiných cukerných alkoholů není fermentován střevními bakteriemi. Vylučuje se v nezměněné podobě močí a stolicí (Jain & Grover 2015).

E kód erythritolu je E 968. Často se kombinuje s ostatními náhradními sladidly. Využíván je do žvýkaček, nápojů, čokolády, bonbónů a dalších potravin (Jain & Grover 2015).

Po mnoha specifických testech týkajících se toxicity, karcinogenity a reprodukčních rizik, které byly negativní, je erythritol považován za bezpečnou potravinářskou přídatnou látku (Carocho et al. 2017).

3.7.2.5 Isomalt

Isomaltóza, isomaltitol nebo isomalt, je polyol řadící se mezi energetická sladidla. Přispívá přibližně 2,4 kcal/g, ale v porovnání se sacharózou, která obsahuje 4 kcal/g, má téměř o polovinu menší kalorickou hodnotu. Jeho sladící síla je v souladu s ostatními polyoly. Dosahuje 45-60 % sladivosti sacharózy a chutná podobně jako sacharóza (Carocho et al. 2017).

Přirozeně se vyskytuje v cukrové řepě, ze které se vyrábí enzymatickou transformací. V prvním kroku výroby vzniká disacharid isomaltulóza, která je následně přeměněna hydrogenací na isomalt (Kučera 2017c). Vzniká tak bílá, krystalická a málo hygroskopická látka bez zápachu. Vykazuje velkou stabilitu. Isomalt je velmi odolný vůči vysokým teplotám a kyselé i enzymatické hydrolýze (McNutt & Sentko 2003).

Laxativní práh má stanoven na 50-70 g/den. Co se týče trávení, isomalt není absorbován tenkým střevem a je snadno fermentován bakteriemi v tlustém střevě (Carocho et al. 2017). Považuje se za prebiotikum a má bifidogenní vlastnosti. Může přispívat ke zdravému prostředí sliznice tlustého střeva (Ruiz-Ojeda et al. 2019).

Isomalt nese označení E 953. Využití nachází v cukrářských výrobcích, pečivu, mléčných výrobcích, mražených krémech, džemech, nebo například ve žvýkačkách. Může být však použit i jako plnidlo, protispékavá látka, nebo zvýrazňovač přirozené chuti potravin. Dokáže překrývat hořkou a kovovou pachuť ostatních sladidel (Kučera 2017c).

Pokud se isomalt použije ve spojení s ostatními cukernými alkoholy, zvýší se hladina jeho sladivosti. Pro dosažení stejné sladivosti, jako má cukr, stačí tedy přidat desetkrát menší množství směsi polyalkoholů než samotného polyalkoholu. Isomalt zesiluje i sladivost některých umělých sladidel (Kučera 2017c).

3.7.2.6 Laktitol

Laktitol se řadí mezi energetická sladidla, obsahuje přibližně 2 kcal/g. Má sladící schopnost pouze 30-40 % sacharózy. Jeho chuť je sice sladká, ale poskytuje navíc chladivý pocit v ústech, což může být využito k ozvláštnění sladké chuti potravin (Carocho et al. 2017).

Získává se hydrogenací laktózy, která se přirozeně vyskytuje v mléce. Výsledkem je bílý krystalický prášek snadno rozpustný ve vodě. Laktitol existuje ve čtyřech krystalických

formách. Jedná se o bezvodý laktitol, monohydrát laktitolu, dehydratát laktitolu a trihydrát laktitolu, což je nejstabilnější forma této sloučeniny (Carocho et al. 2017).

Laxativní práh má stanoven na 20-50 g/den. Kvůli nedostatku vhodné β-galaktosidázy se laktitol neabsorbuje v tenkém střevě a ve výsledku doputuje až do tlustého střeva, kde podléhá fermentaci (Ruiz-Ojeda et al. 2019). Laktitol je považován za účinné prebiotikum. Bylo prokázáno, že podporuje růst bifidobakterií a laktobacilů, a tím zlepšuje stav střevní mikrobioty (Ruiz-Ojeda et al. 2019).

Jako potravinářská přídatná látka je označován symbolem E 966. Využití nachází nejen v potravinářství, ale i ve farmacii jako projímadlo (Račická 2012). Kvůli jeho omezené sladící schopnosti se obvykle používá v kombinaci s intenzivními sladidly, jako jsou například acesulfam K a aspartam. Potraviny, ve kterých lze laktitol najít, jsou zejména čokolády, pečivo a zmrzliny. Nelze opomenout ani žvýkačky (Carocho et al. 2017).

3.7.2.7 Maltitol

Maltitol je cukerný alkohol, který dosahuje téměř stejné sladkosti jako sacharóza. Jeho sladící schopnost je konkrétně asi 75-90 % sacharózy. Poskytuje přibližně 2,4 kcal/g a ze všech polyolů se chutí nejvíce podobá cukru. Poskytuje v ústech chladivý efekt (Kučera 2017c).

Vyskytuje se například v praženém sladu a v listech čekanky. Průmyslově se však vyrábí hydrolýzou, redukcí a hydrogenací maltózy získané ze škrobu. Vzniká tak sladidlo s vysokou tepelnou stabilitou, nízkou hygroskopičností a velmi snadnou rozpustností ve vodě (Saraiva et al. 2020).

Laxativní práh je pro něj stanoven na 60-90 g/den. Vyznačuje se nízkou rychlostí trávení a velmi špatně se absorbuje v tenkém střevě. Většina maltitolu podléhá fermentaci v tlustém střevě, kde vykazuje prebiotické vlastnosti (Saraiva et al. 2020).

Maltitol je označován kódem E 965. Používá se hojně do čokolád bez cukru, ale uplatnění nachází i v dalších cukrovinkách, mléčných výrobcích, pečivu, džemech a žvýkačkách (Carocho et al. 2017). Lze ho nalézt i ve farmaceutických výrobcích nebo produktech pečujících o dutinu ústní, jako jsou například zubní pasty (Saraiva et al. 2020).

3.7.2.8 Mannitol

Mannitol je izomer sorbitolu. Řadí se mezi energetická sladidla a přispívá kalorickou hodnotou 2,4 kcal/g. Dosahuje asi jen 50 % sladící schopnosti sacharózy a má příjemnou sladkou chuť, kterou doprovází chladivý efekt (Kučera 2017c). Spolu se sorbitolem je mannitol jediný polyol, který se v přírodě vyskytuje ve značném množství. Nachází se v jasanu, olivách, fících, mořských řasách, nebo například v houbách (Jain & Grover 2015).

Jeho výroba probíhá katalytickou hydrogenací glukózy, po které následuje čištění. Separace izomerů se provádí pomocí rozdílu rozpustnosti a vzniká tak velmi hygroskopický sorbitol a menší množství mannitolu (Carocho et al. 2017).

Jedná se o bílou krystalickou látku. Existuje v různých polymerních formách, které se liší svými fyzikálními vlastnostmi. Pro mannitol zůstává nejstabilnější beta forma. Je to jeden z nejméně rozpustných polyolů. Prodává se buď v kapalné (sirupové), nebo pevné (práškové) formě (Jain & Grover 2015).

Laxativní práh mannitolu je určen na 20 g/den, což z něj činí pravděpodobně nejméně dobře tolerovaný polyol. Při konzumaci nad 20-30 g/den může způsobovat nevolnost, zvracení, nadýmání a průjem (Kučera 2017c). Bývá lidmi špatně tráven. V tenkém střevě dochází k jeho částečné absorpci do krve, metabolizace ale nenastává. Neabsorbovaná část se dostane do tlustého střeva, kde je fermentována střevní mikrobiotou (Grembecka 2015).

Potraviny obsahující mannitol mohou diabetici konzumovat bez obav, protože pro jeho metabolismus není potřeba účasti inzulínu. Glykemický index mannitolu je prakticky nulový (Jain & Grover 2015). Bylo také zjištěno, že má antioxidační vlastnosti. Zachycuje hydroxylové radikály a jeho konzumace může chránit proti rozvoji rakoviny tlustého střeva (Grembecka 2015).

Označení pro mannitol je E 421. Používá se jako sladidlo do žvýkaček a čokolád, navíc nachází uplatnění jako zvlhčovadlo, stabilizátor a protispékavá látka (Gabrovská & Chýlková 2017). Využívat ho lze také mimo potravinářství, například ve farmaceutickém průmyslu jako osmotické diuretikum (Grembecka 2015).

3.7.2.9 Polyglycitolový sirup

Polyglycitolový sirup se řadí do skupiny hydrogenovaných škrobových hydrolyzátových sirupů. Jedná se o směs několika cukerných alkoholů, jmenovitě maltitolu, sorbitolu a polyolů s vyšší molekulovou hmotností (EFSA 2009). Může dosáhnout až 40 % sladicí schopnosti sacharózy. Poskytuje 3 kcal/g a řadí se mezi sladidla výživná (International Starch Institute 2018).

Jeho výroba spočívá v katalytické hydrogenaci směsi škrobových hydrolyzátů složených z glukózy, maltózy a polymerů s vyšším obsahem glukózy. Sirup se dále odsolí iontovou výměnou a v posledním kroku probíhá jeho koncentrace na požadovanou hladinu. Vzniká tak čirá bezbarvá viskózní kapalina. Sirup je dobře rozpustný ve vodě (EFSA 2009).

Co se týče trávení, polyoly s vyšší molekulovou hmotností jsou hydrolyzovány v gastrointestinálním traktu na glukózu, maltitol, a posléze i na sorbitol (EFSA 2009). Jak probíhá trávení maltitolu a sorbitolu, je již v této práci uvedeno.

Polyglycitolový sirup se označuje číslem E 964. Využití nachází jako sladidlo, zvlhčovadlo, stabilizátor a modifikátor krystalizace (EFSA 2009). Lze ho nalézt například v cukrářských výrobcích, pečivu, džemech, marmeládách a žvýkačkách (Vrbová 2016).

3.7.2.10 Sorbitol

Sorbitol, též označovaný jako glucitol, je energetické sladidlo s kalorickou hodnotou přibližně 2 kcal/g. Dosahuje asi 60 % sladivosti sacharózy. Poskytuje příjemnou sladkou chuť s chladivým efektem v ústech. Jak již bylo zmíněno, sorbitol spolu s mannitolem jsou jediné polyoly vyskytující se hojně v přírodě. Sorbitol je přirozeně obsažen v ovoci, zejména v třešních, švestkách, hruškách a jablkách, ale například i v jeřabinách a v hroznovém víně (Kučera 2017c).

Existuje vícero způsobů, jak vyrobit sorbitol, ale v průmyslovém měřítku se vyrábí ze sacharózy. Výrobu lze uskutečnit buď chemickou, nebo biochemickou cestou. V obou případech je však v prvním kroku nutné rozložit molekulu sacharózy na glukózu a fruktózu. Jako vedlejší produkt výroby sorbitolu vzniká fruktózový sirup (Gabrovská & Chýlková 2017).

Sorbitol se vyskytuje v různých polymerních formách. Jedná se o čtyři formy (alfa, beta, gama a delta). Nejstabilnější formou je gama a sorbitolový prášek se vyrábí jen v této formě. Kvůli lepší snášenlivosti stouply na oblíbenosti sorbitolové sirupy (Jain & Grover 2015).

Laxativní práh má roven hodnotě 50 g/den. Tenké střevo absorbuje sorbitol jen v malé míře a následně ho přeměňuje na fruktózu. Zbývající sorbitol putuje do tlustého střeva, kde je fermentován střevními bakteriemi (Islam & Sakaguchi 2006).

Jako potravinářská přídatná látka nese označení E 420. Používá se pro výrobu zubních past a léků, ale lze ho nalézt i v diabetickém pečivu, cukrovinkách a konzervárenských výrobcích (Račická 2012).

3.7.2.11 Xylitol

Xylitol je označovaný též jako cukr březový či dřevěný. Jeho kalorický příspěvek činí 2,4 kcal/g. Dosahuje stejné sladivosti jako sacharóza, jedná se tedy o nejsladší polyol. Poskytuje příjemně sladkou chuť s chladivým efektem (Kučera 2017c).

Nachází se v mnoha druzích zeleniny i ovoce, například ve švestkách a malinách. Ve velkém měřítku se však vyrábí hydrogenací xylózy. Ta se získává extrakcí z březové kůry, mandlových slupek, kukuřičných klasů, přebytku ze slámy, či z papíru. Vzniká tak bílý krystalický prášek (Carocho et al. 2017).

Laxativní práh má stanoven na 50-90 g/den. Co se týče trávení, přibližně 50 % xylitolu je absorbováno v tenkém střevě a zbytek podléhá fermentaci střevními bakteriemi v tlustém střevě (Grembecka 2015).

Xylitol má mnoho pozitivních vlastností. Nejen, že působí jako vláknina, ale také vykazuje antioxidační potenciál. Dále se vyznačuje schopností inhibovat růst bakterie *Streptococcus mutans* Clarke, 1924, zodpovědné za vznik zubního kazu (Račická 2012). Jelikož není využíván bakteriemi dutiny ústní, nepřispívá ke vzniku kyselých metabolitů, které rozpouštějí zubní sklovinu (Kučera 2017c). Při označování potravin bez cukru obsahujících xylitol bylo schváleno dokonce i zdravotní tvrzení: „Nepodporuje zubní kaz“. Pravidelná konzumace xylitolu je kromě prevence demineralizace také spojena se zvýšenou remineralizací zubů, které jsou již zubním kazem postiženy (Jain & Grover 2015).

Xylitol je označován kódem E 967. Používá se zejména do žvýkaček a čokolád, ale i do zubních past a ústních vod. Uplatnění nachází také ve farmacii (Račická 2012).

3.7.3 Syntetická sladidla

3.7.3.1 Acesulfam K

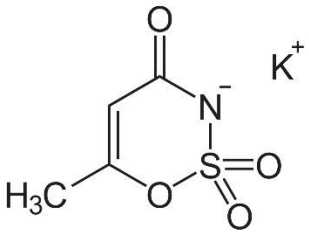
Acesulfam K neboli acesulfam draselný se řadí mezi neenergetická sladidla s nulovou kalorickou hodnotou. Je přibližně 200krát sladší než sacharóza. Jeho sladká chuť neulpívá na jazyku (Jain & Grover 2015). Zejména při vysokých koncentracích však poskytuje mírně hořkou pachuť, proto je vhodné jej kombinovat s aspartamem (Račická 2012).

Existuje vícero způsobů, jak lze vyrobit acesulfam K. Prvním z nich je syntéza za pomoci fluorosulfonyl isokyanátu, který reaguje s acetonem. Ve druhém postupu reaguje aminosulfonylfluorid s diketenem a ve třetím postupu reaguje kyselina sulfamová s diketenem. Aby vznikl acesulfam draselný, v posledním kroku výroby vstupuje do reakce ještě hydroxid draselný (Bragg et al. 1999). Chemickou strukturu acesulfamu K lze vidět na Obrázku č. 4.

Acesulfam K je rozpustný ve vodě a vykazuje extrémní stabilitu. Lze ho použít při pečení, protože mu nevadí vysoké teploty, a vykazuje odolnost i proti nízkému pH (Nikoleli & Nikolelis 2012).

Jedná se o chemickou látku, kterou lidské tělo nemetabolizuje. Vylučuje se velmi rychle močí a neovlivňuje příjem draslíku (Jain & Grover 2015).

Toto sladidlo nese označení E 950. Používá se v široké škále potravin, jako jsou například sladkosti, mléčné výrobky, pečivo, džemy, marmelády a konzervované i kandované ovoce. Přidáván je také do žvýkaček. Nachází využití ale i ve farmacii do pastilek proti kašli (Jain & Grover 2015). S oblibou bývá přidáván do nápojů, protože vykazuje výbornou stabilitu ve vodných roztocích (Nikoleli & Nikolelis 2012).



Obrázek č. 4: Chemická struktura acesulfamu K
(Gaffron 2012)

3.7.3.1.1 Negativní účinky acesulfamu K na lidský organismus

Acesulfam K může u citlivých jedinců způsobovat bolesti hlavy (Jain & Grover 2015).

3.7.3.1.2 Bezpečnost acesulfamu K

Acesulfam K byl v Evropské unii schválen pro použití do potravin a nápojů v roce 1983. Jeho hodnota ADI je stanovena na 9 mg/kg tělesné hmotnosti na den (Informační centrum bezpečnosti potravin 2020b). Po provedení velkého množství farmakologických a toxikologických studií bylo rozhodnuto, že sladidlo je bezpečné (Nikoleli & Nikolelis 2012).

Ukázalo se, že acesulfam K není toxický a nevykazuje mutagenní vlastnosti. Po shrnutí výsledků vědeckých studií nebyly zjištěny žádné nepříznivé vlivy a nezávadnost tohoto sladidla byla potvrzena (Čopíková et al. 2013).

3.7.3.2 Advantam

Advantam je sladký derivát aspartamu, který se řadí mezi neenergetická sladidla a neposkytuje žádné kalorie. Má sladící schopnost přibližně 20 000krát vyšší než sacharóza. Vyznačuje se velmi sladkou chutí s nízkou intenzitou hořké a kyselé chuti (Carocho et al. 2017).

Získává se chemickou syntézou z aspartamu a isovanilinu. Produktem je bílý až žlutý prášek. Advantam má sice velmi odlišnou strukturu od aspartamu, ale je stejně jako aspartam zdrojem fenylalaninu (Carocho et al. 2017). Vyznačuje se velmi dobrou stabilitou. Odolává vysokým teplotám a může být použit i do produktů s nízkým pH (Otabe et al. 2011).

Co se týče trávení, advantam je v lidském těle po hydrolýze esterové vazby v gastrointestinálním traktu ze 4-23 % absorbován. Vylučování z lidského těla se uskutečňuje zejména pomocí stolice (Čopíková et al. 2013).

Jako potravinářská přídatná látka se označuje kódem E 969. Používá se například pro oslazení ledových čajů, práškových nápojových výrobků, jogurtů a žvýkaček. Uplatnění nachází také jako látka zlepšující chuť (Carocho et al. 2017).

3.7.3.2.1 Bezpečnost advantamu

Evropský úřad pro bezpečnost potravin posoudil bezpečnost advantamu jako potravinářské přídatné látky v roce 2013 a v potravinách a nápojích se smí používat od roku 2014. Úřad stanovil přijatelný denní příjem pro advantam na 5 mg/kg tělesné hmotnosti na den (Úřední věstník Evropské unie 2014).

Odborníci z EFSA definovali toto sladidlo jako netoxické a nekarcinogenní. Dospělo se k závěru, že nehrozí žádné riziko plynoucí z jeho spotřeby jako potravinářské přídatné látky. Všechny údaje získané na modelových zvířatech (potkanech, psech) a pokusech na lidech naznačují, že neexistují problémy s používáním advantamu (Carocho et al. 2017).

3.7.3.3 Aspartam

Aspartam je dipeptid, který se skládá ze dvou aminokyselin, konkrétně kyseliny asparagové a fenylalaninu. Vyznačuje se čistou sladkou chutí a je přibližně 180krát až 200krát sladší než sacharóza. Poskytuje sice 4 kcal/g, ale má téměř nulový obsah kalorií v přepočtu na jednu porci (Jain & Grover 2015).

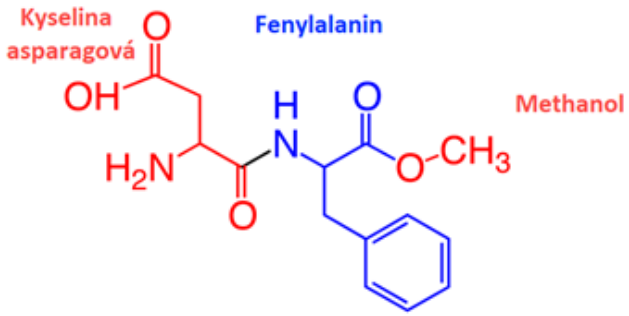
Vyrábí se ze dvou zmíněných aminokyselin, a to L-fenylalaninu a kyseliny L-asparagové pomocí methylesterové vazby (Jain & Grover 2015). Jeho chemickou strukturu lze spatřit na Obrázku č. 5. Podle patentu způsob výroby aspartamu zahrnuje i kultivaci mikroorganismů produkujících tyto dvě aminokyseliny. Jako mikroorganismy lze použít dva druhy bakterií. První z nich je *Escherichia coli* Escherich, 1885, a druhou *Bacillus subtilis* Ehrenberg, 1835 (Bahl et al. 1981).

Aspartam je nestálý při vyšších teplotách, nízkém pH a dlouhodobém skladování. Za nevhodných podmínek se mění na cykloaspartylfenylalanin diketopiperazin, jenž výrobkům neposkytuje sladkou chuť. Použití do trvanlivých výrobků je vyloučeno (Čopíková et al. 2013). Při tepelné úpravě aspartamu vyniká hořká chuť fenylalaninu (Račická 2012).

Co se týče trávení, aspartam je metabolizován trávicím systémem. Rozkládá se na kyselinu asparagovou, fenylalanin a methanol. Aminokyseliny se štěpí podle stejného vzoru,

jaký by vznikl příjmem z potravy. Z kyseliny asparagové a fenylalaninu vznikají jako konečné produkty glukóza a fumarát. Ty jsou poté v těle dále využívány. Methanol je převáděn na formaldehyd a jako konečný produkt vzniká kyselina mravenčí, která je z těla vyloučena (Jain & Grover 2015).

Aspartam nese označení E 951. Používá se zejména do nealkoholických nápojů a jako stolní sladidlo. Uplatnění nachází dále v cukrářském průmyslu, sirupech, mléčných výrobcích, tyčinkách, ale také ve farmaceutickém průmyslu (Jain & Grover 2015).



Obrázek č. 5: Chemická struktura aspartamu a jeho složek, upraveno (Malmström 2016)

3.7.3.3.1 Pozitivní účinky aspartamu na lidský organismus

Používání aspartamu a produktů oslazených aspartamem jako součást komplexního programu hubnutí může být spojeno s úbytkem hmotnosti a může jednotlivcům pomáhat s dlouhodobým udržováním hmotnosti. Aspartam neovlivňuje chuť k jídlu ani příjem potravy (Fitch & Keim 2012).

3.7.3.3.2 Negativní účinky aspartamu na lidský organismus

Jelikož je aspartam v lidském těle metabolizován na fenylalanin, jeho používání není vhodné pro lidi, kteří trpí onemocněním zvaným fenylketonurie. Jedná se o vrozenou poruchu metabolismu způsobenou nedostatkem jaterního enzymu fenylalaninhydroxylázy. Pokud se fenylketonurie neléčí, charakteristickým rysem této nemoci bývá mentální postižení. Léčba zahrnuje zejména dietu s nízkým obsahem fenylalaninu (Hafid & Christodoulou 2015).

3.7.3.3.3 Bezpečnost aspartamu

Aspartam byl schválen jako potravinářská přídatná látka v roce 1994. ADI aspartamu je 40 mg/kg tělesné hmotnosti na den. Evropský úřad pro bezpečnost potravin dospěl k závěru, že toto sladidlo při současné úrovni expozice nepředstavuje bezpečnostní riziko (EFSA 2020).

O aspartamu koluje na internetu mnoho dezinformací. Lidé mají často tendenci považovat informace vyskytující se na internetových stránkách za platné, aniž by zpochybňovali jejich zdroj. Butchko et al. (2002) vytvořili komplexní databázi podporující bezpečnost aspartamu. Ta dospěla k závěru, že aspartam není toxický, karcinogenní, mutagenní, ani teratogenní, a také nemá žádný vliv na reprodukci nebo vývoj. Dále informují o tom, že jiné studie prokázaly, že aspartam nemá žádné účinky na centrální nervový systém, gastrointestinální trakt, ani endokrinní systém.

Protože metabolismus aspartamu poskytuje zhruba 10 % hmotnostních methanolu, byla bezpečnost methanolu pocházejícího z tohoto sladidla předmětem mnoha studií. Toxicita methanolu zahrnuje nejprve depresi centrálního nervového systému, poté dochází ke zrakovému poškození a těžké metabolické acidóze. Ve vážných případech může následkem dechové deprese dojít až k úmrtí. Methanol je v těle metabolizován alkoholdehydrogenázou na formaldehyd. Ten je pak zcela převeden na mravenčan, který je zodpovědný za zmiňovanou metabolickou acidózu. Je vyloučeno, aby člověk někdy spotřeboval dostatek aspartamu ke zvýšení koncentrace mravenčanu v krvi. I při velmi vysokých dávkách aspartamu není jeho přeměna na methanol dostatečná k vyvolání toxicity (Butchko et al. 2002).

Bezpečnost aspartamu byla potvrzena i studiemi na několika subpopulacích člověka zahrnujících zdravé kojence, děti, adolescenty a dospělé. Ani u obézních lidí, diabetiků, nebo kojících žen se nevyskytly žádné problémy související s bezpečností aspartamu. Jedinou výjimku tvoří pacienti trpící fenylketonurií, pro které je používání aspartamu jako zdroje fenylalaninu nevhodné. Testování aspartamu bylo provedeno nad rámec standardního bezpečnostního testování potravinářské přídatné látky (Butchko et al. 2002).

3.7.3.4 Cyklamát

Cyklamát, konkrétněji sodná nebo vápenatá sůl kyseliny cyklamové, se řadí mezi neenergetická sladidla. Má nulovou kalorickou hodnotu. Je pouze 30krát až 40krát sladší než sacharóza. Kromě toho poskytuje dlouho přetrvávající sladkou chuť v ústech (Nikoleli & Nikolelis 2012). Zajímavou vlastností cyklamátu je, že ve vyšších koncentracích má hořkou pachuť, ale při nižších koncentracích dokáže maskovat pachuť jiných látek (Račická 2012).

Vyrábí se sulfonací cyklohexylaminu. Sulfonace je uskutečňována pomocí oxidu sírového či kyseliny amidosulfonové. Sodná sůl kyseliny cyklamové vzniká za přídavku hydroxidu sodného, vápenatá sůl kyseliny cyklamové za přídavku hydroxidu vápenatého (Witt 1996). Pro cyklamáty ve formě cyklamátu sodného i vápenatého platí, že jsou stabilní za tepla i chladu a mají dlouhou trvanlivost. Navíc jsou dobře rozpustné ve vodě (Mortensen 2016).

U většiny lidí se cyklamát vylučuje z těla nezměněný močí. Někteří jedinci ho ale dokážou až z 85 % metabolizovat na cyklohexylamin (Čopíková et al. 2013).

V potravinách a nápojích se označují sodná nebo vápenatá sůl kyseliny cyklamové kódem E 952. Využití nacházejí v dezertech, pečivu, nealkoholických nápojích, konzervovaném ovoci i jako stolní sladidla (Carocho et al. 2017). Obvykle bývají používány spolu se sacharinem, protože tato směs má lepší chuť, než by měla každá složka sama (Čopíková et al. 2013).

3.7.3.4.1 Bezpečnost cyklamátu

Cyklamát byl v Evropské unii schválen pro použití do potravinářských výrobků v roce 1996. Hodnota ADI je pro cyklamát a sodnou i vápenatou sůl kyseliny cyklamové stanovena na 7 mg/kg tělesné hmotnosti na den (Mortensen 2016).

Ve Spojených státech amerických byl v roce 1969 cyklamát zakázán kvůli výsledkům studie, která zjistila, že vysoké koncentrace cyklamátu ve stravě byly u krys spojovány se zvýšeným výskytem rakoviny močového měchýře. Cyklamát u nich byl přeměněn na již zmiňovaný metabolit cyklohexylamin, o kterém bylo hlášeno, že může vykazovat toxicitu

(Jain & Grover 2015). Bylo provedeno velké množství studií na myších, krysách a psech, ale výsledky domněnku nepotvrdily (Čopíková et al. 2013).

Takayama et al. (2000) provedli studii, kde byly opicím od několika dnů po narození až po dobu 24 let podávány dávky 100 mg/kg a 500 mg/kg tělesné hmotnosti cyklamátu pětkrát týdně. Nenalezli žádný jasný důkaz toxického nebo karcinogenního účinku cyklamátu sodného u opic.

3.7.3.5 Neohesperidin dihydrochalkon

Neohesperidin dihydrochalkon, zkráceně neohesperidin DC, je 250krát až 2000krát sladší než sacharóza. Poskytuje sice 2 kcal/g, ale díky své vysoké sladivosti se řadí mezi neenergetická sladidla (Račická 2012).

Jeho sladká chuť má pomalou rychlost nástupu, poskytuje příchuť po mentolu či lékořici a při vysokých koncentracích způsobuje chladivý pocit v ústech. Sladivost neohesperidinu DC záleží na vícero faktorech, například na jeho koncentraci, pH a na složení výrobku, do kterého se toto sladidlo přidá. Při zvyšování koncentrace jeho sladivost v porovnání se sladivostí sacharózy klesá. Kofein v nealkoholických nápojích významně zvyšuje jeho sladkost. Synergicky působí i ve spojení s acesulfamem K, aspartamem, cyklamátem, sukralózou a polyoly (Nikoleli & Nikolelis 2012).

Dal by se označit jako semisyntetické sladidlo, jelikož jeho část, neohesperidin, pochází ze slupky nezralých plodů *Citrus aurantium* Linné, česky pomerančovníku hořkého. Neohesperidin se získá extrakcí a následnou hydrolýzou se z něj stane neohesperidin dihydrochalkon. Další metodou k jeho výrobě je syntéza z naringeninu extrahovaného z ovoce *Citrus paradisi* Macfad, česky grapefruitu (Carocho et al. 2017).

Výsledkem výroby je bílý krystalický prášek, který se sice při pokojové teplotě špatně rozpouští ve vodě, ale je vysoce rozpustný v horké vodě. Do potravin se přidává v malém množství a používá se v kombinaci s polyoly nebo glukózovým sirupem, tudíž jeho horší rozpustnost není tak významná (Carocho et al. 2017). Jedná se o sladidlo, které vykazuje stabilitu za většiny podmínek zpracování a skladování potravin. Vzhledem k jeho termostabilitě vydrží i pasterizaci. Nejstabilnější je při pH 2-6 a vzhledem k jeho stálosti se hodí pro použití do trvanlivých potravin (Nikoleli & Nikolelis 2012).

Co se týče trávení, malé množství sloučeniny se v lidském těle absorbuje. U zbylého neohesperidinu DC ve střevě dochází k odštěpení glykosidického postranního řetězce střevními slizničními, případně bakteriálními glykosidázami. Zbytkové primární metabolity se částečně vyloučí v nezměněné formě žlučí a částečně se dále metabolizují (Nikoleli & Nikolelis 2012).

Neohesperidin DC se označuje kódem E 959. Používá se do zmrzlin, žvýkaček, pečiva, ochucených nápojů, cukrovinek, polévek a doplňků stravy. Často se kombinuje s jinými sladidly, protože dokáže maskovat jejich nežádoucí chutě (Carocho et al. 2017). Nachází uplatnění i ve farmaceutickém průmyslu a přidává se do zubních past (Račická 2012).

3.7.3.5.1 Bezpečnost neohesperidinu dihydrochalkonu

Neohesperidin dihydrochalkon je v Evropské unii schválen od roku 1994. Jeho akceptovatelný denní příjem je stanoven na 5 mg/kg tělesné hmotnosti na den (EFSA 2011). Byl podroben standardním testům toxicity, které naznačují, že se jedná o bezpečné

náhradní sladidlo (Nikoleli & Nikolelis 2012). Takový fakt potvrzují i Waalkens-Berendsen et al. (2004), kteří ve své studii na krysách dospěli k závěru, že neohesperidin DC nevykazoval žádnou mateřskou toxicitu, embryotoxicitu ani teratogenitu.

3.7.3.6 Neotam

Neotam je sladidlo, které má velice podobnou strukturu jako aspartam. Ve skutečnosti se jedná o jeho derivát. Neotam má však velmi vysokou sladící schopnost, a to 7 000-13 000krát silnější než sacharóza. Jedná se o neenergetické sladidlo s nulovou kalorickou hodnotou. Poskytuje čistou sladkou chuť bez kovové nebo kyselé pachuti (Carocho et al. 2017).

Vstupními surovinami k výrobě neotamu jsou aspartam a 3,3-dimethylbutyraldehyd. Neotam vzniká redukční alkylací, po které následuje čištění, sušení a mletí (Jain & Grover 2015). Výsledkem výroby je bílý krystalický prášek bez zápachu. Vykazuje stabilitu za suchých skladovacích podmínek (Carocho et al. 2017).

Ve vodném roztoku závisí stabilita neotamu na pH a teplotě. Je relativně stálý při pH od 3 do 5,5. Nejvíce mu vyhovuje pH blížící se hodnotě 4,5. Obecně pro něj platí, že čím vyšším teplotám je vystaven, tím menší má stabilitu (Nikoleli & Nikolelis 2012).

Neotam se částečně absorbuje v tenkém střevě a poté je rychle metabolizován esterázami přítomnými v těle. Jako výsledné produkty vznikají deesterifikovaný neotam, který vyloučí tělo relativně rychle močí a stolicí, a nepatrné množství methanolu. Ačkoliv je neotam zdrojem fenylalaninu, používá se v potravinách a nápojích kvůli své vysoké sladivosti jen v minimálním množství. Fenylalanin, který se uvolní v těle z takto malého množství, je tedy zanedbatelný (Fitch & Keim 2012).

Neotam nese označení E 961. Používá se zejména ve spojení s jinými sladidly. Využití nachází u nealkoholických a mléčných nápojů, omáček, jogurtů, žvýkaček a jako stolní sladidlo. Používá se také ke zvýraznění přírodních chutí, zejména chutí kyselého ovoce (Carocho et al. 2017).

3.7.3.6.1 Bezpečnost neotamu

Neotam je schválen k použití v Evropské unii až od roku 2010. Evropský úřad pro bezpečnost potravin dospěl k závěru, že neotam není karcinogenní, genotoxický a není spojen s žádnou reprodukční či vývojovou toxicitou. Hodnotu ADI má stanovenou na 2 mg/kg tělesné hmotnosti na den (EFSA 2007).

Byl testován v desítkách studií a výsledky ukazují, že se jedná o bezpečné sladidlo pro všechny skupiny obyvatel, dokonce i pro lidi trpící fenylketonurií (Čopíková et al. 2013).

3.7.3.7 Sacharin

Sacharin je nejstarší synteticky vyrobenou náhražkou cukru. Je přibližně 300krát sladší než cukr. Řadí se mezi neenergetická sladidla a poskytuje 0 kcal/g (Račická 2012). Nemá pouze čistě sladkou chuť, poskytuje i nepříjemně kovovou či nahořklou pachuť. Proto je vhodné používat sacharin ve směsi s jinými sladidly (Čopíková et al. 2013).

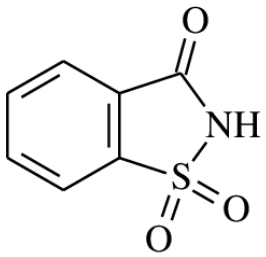
V průmyslovém měřítku se vyrábí procesem zvaným Maumee pocházejícím ze společnosti Maumee Chemical Company, která tuto techniku vyvinula. Výroba probíhá tak, že se anhydrid kyseliny ftalové přemění na kyselinu anthranilovou a poté reaguje s oxidem

dusnatým, oxidem dusičitým, chlorem a amoniakem, což dává vzniknout sacharinu. Ten se může vyskytovat ve formě sodné, draselné, či vápenaté soli. Chemickou strukturu tohoto sladidla znázorňuje Obrázek č. 6. Výsledkem je bílý krystalický prášek dobře rozpustný ve vodě, stabilní při nízkém pH a odolávající vysokým teplotám. Jeho vlastnosti z něj činí ideální sladidlo pro použití do potravin s dlouhou trvanlivostí (Carocho et al. 2017).

V lidském těle sacharin nepodléhá metabolizaci a je vylučován močí. Může však procházet placentou těhotné ženy nebo být přenášen mateřským mlékem, proto se příliš nedoporučuje konzumace sacharinu těhotným a kojícím ženám (Carocho et al. 2017).

Sacharin byl dříve používán k jiným účelům než k oslazení potravin a nápojů. Nacházel využití jako antiseptikum a konzervační prostředek ke zpomalení fermentace v potravinách. Při výrobě plastů plnil funkci antistatického prostředku (Nikoleli & Nikolelis 2012).

Jako potravinářská přídatná látka se označuje kódem E 954. Používá se zejména v ovocných šťávách, zpracovaném ovoci, marmeládách, polevách, zákuscích, omáčkách, či žvýkačkách. Je k dostání i ve formě stolního sladidla (Carocho et al. 2017).



Obrázek č. 6: Chemická struktura sacharinu
(Serban et al. 2018)

3.7.3.7.1 Pozitivní účinky sacharinu na lidský organismus

Fitch & Keim (2012) uvádějí, že sacharin nezvyšuje příjem potravy ani neovlivňuje chuť k jídlu u dospělých.

3.7.3.7.2 Negativní účinky sacharinu na lidský organismus

Mallett et al. (1985) zjistili, že spotřeba sacharinu je spojována se změnou metabolismu aminokyselin střevními bakteriemi. Suez et al. (2014) zase dospěli k výsledkům, že sacharin byl schopen změnit mikrobiotu myšího střeva, což vedlo k častější glukózové intoleranci.

Později Bian et al. (2017) ve své studii zjistili, že sacharin vyvolal u myší zánět jater, který může souviset s poruchou střevní mikrobioty. Sacharin ovlivňuje střevní mikrobiotu a metabolity myší pomocí změn spojených se zánětlivými účinky. Úloha sacharinu i ostatních umělých sladidel je při utváření střevní mikrobioty prozatím stěží pochopena.

Ve studii od Feijó et al. (2013), kde podávali potkanům sacharin a sacharózu po dobu 12 týdnů, zjistili, že konzumace sacharinu vedla ke zvýšenému přírůstku hmotnosti ve srovnání s konzumací sacharózy, přičemž přírůstek hmotnosti nesouvisel s kalorickým příjmem.

3.7.3.7.3 Bezpečnost sacharinu

Sacharin se v Evropské unii smí používat do potravin a nápojů již velmi dlouho dobu, konkrétně od roku 1887. Hodnota ADI pro něj byla stanovena na 5 mg/kg tělesné hmotnosti na den (Mortensen 2016). Je obecně považován za bezpečný. Přispívá k tomu i skutečnost, že bývá jen stěží metabolizován lidským tělem (Bian et al. 2017).

Diskuzi ohledně bezpečnosti sacharinu vyvolaly zejména články, které dokládaly vliv velkých dávek sacharinu na vznik nádorů močového měchýře u samců krys. Krysy jsou však ke vzniku nádorů močového měchýře extrémně citlivé. U lidské populace nebyl podobný vliv zaznamenán (Čopíková et al. 2013).

3.7.3.8 Sukralóza

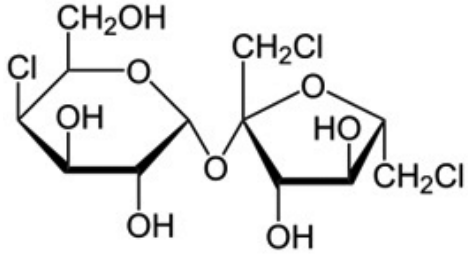
Sukralóza je chlorovaný derivát sacharózy s přibližně 400-800krát větší sladivostí, než kterou se vyznačuje sacharóza. Jedná se o neenergetické sladidlo s nulovým obsahem kalorií. Poskytuje čistou chuť podobnou cukru, i když chvíli přetrvává v ústech. Nemá hořkou ani jinou nežádoucí pachuť (Nikoleli & Nikolelis 2012).

Syntetická výroba sukralózy spočívá v chloraci sacharózy, ve které jsou tři hydroxylové skupiny v molekule cukru nahrazeny třemi atomy chloru (Gabrovská & Chýlková 2017). Její chemickou strukturu znázorňuje Obrázek č. 7. Čistá sukralóza je bílý prášek prostý zápachu, který se vyznačuje dobrou rozpustností ve vodě (Jain & Grover 2015). Je vysoce stabilní jak v oblasti širokého rozmezí teplot, tak i v širokém rozmezí pH. Hodí se k oslazení prakticky všech typů potravin a nápojů (Magnuson et al. 2017).

V lidském těle přibližně 85 % sukralózy není absorbováno a vylučuje se v nezměněné formě stolicí. Zbývajících 15 % přijatého sladidla absorpci podléhá. Většina zbylé sukralózy se vyloučí z těla v té samé podobě močí, ale přibližně 2-3 % jsou konjugovány s kyselinou glukuronovou a až poté vyloučeny močí (Spencer et al. 2016).

Sukralóza se v potravinách a nápojích označuje kódem E 955. Používá se pro oslazení jogurtů, zmrzlin, konzervovaného ovoce, marmelád, pečiva, sušenek, nealkoholických nápojů a žvýkaček (Carocho et al. 2017).

Přestože sukralóza neposkytuje žádnou nutriční hodnotu, jako stolní sladidlo obsahuje určitý typ objemového nosiče, například maltodextrin, za účelem zvýšení objemu výsledného produktu. Důvod je prostý. Kvůli vysoké sladivosti by k dosažení sladké chuti bylo potřeba jen velmi malé množství sukralózy. Přidané nosiče, případně plniva, mohou mít výživnou hodnotu, ale množství kalorií na porci musí zůstat nízké (Magnuson et al. 2017).



Obrázek č. 7: Chemická struktura sukralózy
(Idris et al. 2013)

3.7.3.8.1 Pozitivní účinky sukralózy na lidský organismus

Sukralóza nemá vliv na tělesnou hmotnost (Račická 2012). Nezvyšuje ani příjem potravy (Fitch & Keim 2012).

3.7.3.8.2 Bezpečnost sukralózy

Sukralóza se používá v Evropské unii v potravinách a nápojích od roku 2000. Hodnotu ADI má stanovenou na 15 mg/kg tělesné hmotnosti na den (Mortensen 2016). Nebyl u ní prokázán karcinogenní, mutagenní, teratogenní, imunotoxický, ani neurotoxický efekt (Račická 2012).

Grotz & Munro (2009) došli k závěru, že sukralóza je pro použití v potravinách bezpečná. I produkt Splenda obsahující přibližně 1 % sukralózy a 99 % maltodextrinu nevykazuje žádné nebezpečné vlastnosti, protože maltodextrin je sacharid na bázi škrobu, který je zcela tráven a nepůsobí toxicky.

Chappell et al. (2020) ve své studii shromáždili data k celkovému posouzení karcinogenity sukralózy a dospěli k závěru, že sukralóza s největší pravděpodobností není pro člověka karcinogenní a je tedy bezpečná pro používání do potravin a nápojů.

Také Berry et al. (2016) uvádějí, že sukralóza neprokazuje karcinogenní aktivitu ani v případě, když jsou úrovně expozice o několik řádů větší než rozsah očekávaných denních hladin požití. Nebyly odhaleny ani žádné metabolity karcinogenního potenciálu.

3.7.3.9 Sůl aspartamu-acesulfamu

Sůl aspartamu-acesulfamu je přibližně 350krát sladší než sacharóza. Jelikož aspartam poskytuje kalorickou hodnotu 4 kcal/g, i sůl aspartamu-acesulfamu poskytuje určitou kalorickou hodnotu, ale v přepočtu na porci je zanedbatelná, a tak se řadí mezi neenergetická sladidla. Poskytuje lepší chuť, než samotný acesulfam K nebo aspartam. Vysoké sladivosti dosahuje kvůli tomu, že tato sladidla vykazují synergii (Nikoleli & Nikolelis 2012).

Sůl se připravuje zahříváním. V prvním kroku se smíchá aspartam s acesulfamem K v poměru 2:1 a převede se do roztoku za pomoci kyselého pH. Poté nastupuje na řadu krystalizace. Výsledný produkt neobsahuje draslík poskytnutý acesulfamem K. Směs vykazuje větší stabilitu než samotný aspartam. Jedná se o krystalický prášek dobře rozpustný ve vodě (JEFCA 2005).

Sůl aspartamu-acesulfamu nese označení E 962. Používá se zejména jako sladidlo, ale nachází uplatnění i jako látka zvýrazňující chuť (JEFCA 2005). Oslazeny s ní bývají často nealkoholické nápoje (Nikoleli & Nikolelis 2012).

3.7.3.9.1 Bezpečnost soli aspartamu-acesulfamu

Jak již bylo řečeno dříve, acesulfam K je považován za bezpečné sladidlo (Nikoleli & Nikolelis 2012). Ani aspartam při současné úrovni expozice nepředstavuje bezpečnostní riziko (EFSA 2020). To samé platí pro sůl aspartamu-acesulfamu.

3.8 Náhradní sladidla ve výživě diabetiků

Diabetes mellitus 1. typu je chronické autoimunitní onemocnění charakterizované nedostatkem inzulínu v důsledku ztráty β-buněk pankreatu produkujících inzulín, což vede k hyperglykémii. Projeví se obvykle už během dětství nebo dospívání. Pacienti trpící cukrovkou 1. typu jsou závislí na celoživotním podávání inzulínu (Katsarou et al. 2017).

Diabetes mellitus 2. typu se vyskytuje nejčastěji u dospělých, ale věk jeho nástupu se stále snižuje. U tohoto typu cukrovky sice tělo stále může produkovat inzulín, ale stalo se vůči němu rezistentní, což může vést k hyperglykémii. Obecně lze říct, že se diabetes mellitus 2. typu stal celosvětově jedním z největších zdravotních problémů 21. století (Ban et al. 2020).

Běžně se u pacientů trpících diabetem mellitem vyskytují příznaky, jako je zvýšená žízeň, časté močení a nevysvětlitelná ztráta hmotnosti. Důležitým faktorem, který hraje roli při vzniku diabetu mellitu 2. typu, jsou dlouhodobě nevhodné stravovací návyky, konkrétněji nezdravá strava s vysokým obsahem živočišných tuků a s nízkým obsahem vlákniny (Mathur et al. 2020).

K posouzení, zda jsou konkrétní náhradní sladidla vhodná ke konzumaci pacienty trpícími diabetem mellitem, může být užitečný glykemický index (GI). Jedná se o hodnotu, která udává rychlost využití glukózy lidským tělem z jednotlivých potravin. Tento údaj bývá srovnáván s glukózou, která má referenční hodnotu 100. Pro diabetiky je vhodné konzumovat potraviny s co nejmenším glykemickým indexem (Slimáková 2020).

Jak již bylo dříve zmíněno, steviol-glykosidy mohou konzumovat diabetičtí pacienti bez obav. Maki et al. (2008b) ve své studii pozorovali účinek chronické spotřeby steviol-glykosidů u diabetických pacientů a dospěli k závěru, že nemění homeostázu glukózy.

Thaumatin má podobně jako steviol-glykosidy nulový glykemický index a může být tedy používán diabetiky bez obav (Jain & Grover 2015). Bezpečnost thaumatinu pro diabetické pacienty potvrdila studie od Khayata et al. (2016). Prokázali, že konzumace thaumatinu neměla účinek na krátkodobou ani dlouhodobou glykemickou odpověď. U pacientů trpících diabetem mellitem 2. typu dokonce thaumatin snížil hladinu glukózy v krvi.

Cukerné alkoholy sice poskytují energii, ale jsou v těle metabolizovány pomaleji, čímž umožňují udržování relativně stabilní hladiny cukru v krvi (Jain & Grover 2015). Erythritol a mannitol mají z polyalkoholů nejnižší glykemický index, konkrétně je nulový. Následuje isomalt, laktitol, sorbitol a xylitol. Tyto polyoly mají glykemický index na nízkých úrovních. Maltitol je díky svému glykemickému indexu 35 nejméně vhodný pro diabetiky (Awuchi & Echeta 2019). Velikost glykemických indexů jednotlivých polyolů a jejich porovnání s fruktózou, sacharózou a glukózou znázorňuje Graf č. 1.

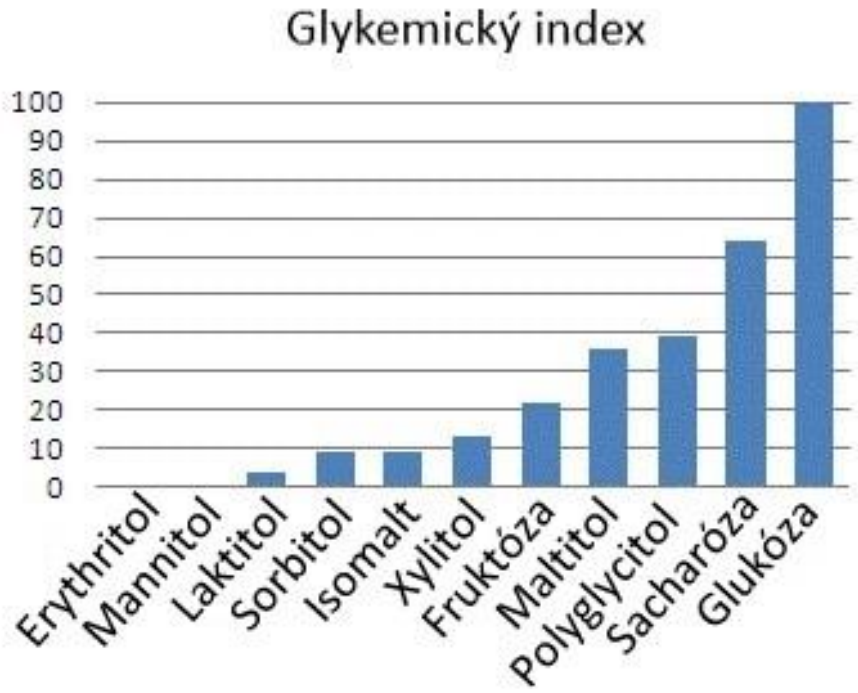
Umělá sladidla mají glykemický index roven 0. Většinou nemají žádnou energetickou hodnotu a nezvyšují hladinu glukózy v krvi (Jain & Grover 2015). Například u advantamu bylo prokázáno, že jeho spotřeba nijak neovlivňuje homeostázu glukózy (Otabe et al. 2011).

Přestože mají náhradní sladidla s výjimkou polyolů nulový glykemický index a měla by tak být vhodnou alternativou cukru pro diabetické pacienty, vyskytují se určité námitky. Například ve studiích Pepino et al. (2013) a Romo-Romo et al. (2018) dospěli k závěru, že sukralóza má zřejmě vliv na metabolismus glukózy.

Imamura et al. (2015) provedli systematický přezkum a metaanalýzu prospektivních studií s cílem ověřit, zda konzumace nápojů oslazených náhradními sladidly byla spojena s výskytem cukrovky 2. typu. Přestože zjistili, že se tato myšlenka potvrdila, nálezy pravděpodobně zahrnují bias. Pro prevenci diabetu mellitu 2. typu však nejsou nápoje s obsahem náhradních sladidel zcela vhodnými alternativami k cukrem slazeným nápojům.

Daher et al. (2019) nashromáždili výsledky studií týkajících se vztahu mezi konzumací nevýživných sladidel a rizika vzniku cukrovky 2. typu a dospěli k závěru, že neexistuje dostatek důkazů na to, aby mohli potvrdit, že spotřeba nevýživných sladidel zvyšuje riziko vzniku diabetu mellitu 2. typu.

Mathur et al. (2020) ve své studii zjistili, že pacienti, kteří konzumovali umělá sladidla, měli vyšší inzulínovou rezistenci ve srovnání s pacienty, kteří nekonzumovali žádná umělá sladidla. Uvádí však, že k potvrzení přímé korelace spotřeby umělých sladidel se sníženou citlivostí na inzulín je zapotřebí provést ještě další studie.



Graf č. 1: Glykemický index polyalkoholů, fruktózy, sacharózy a glukózy, upraveno (International Starch Institute 2018)

3.9 Náhradní sladidla ve výživě těhotných žen

Výzkumy týkající se bezpečnosti acesulfamu K pro těhotné ženy jsou jen velmi omezené. Bylo však zjištěno, že sladidlo prochází placentou. Studie na zvířatech ukazují, že plody vystavené působení acesulfamu K prostřednictvím plodové vody v dospělosti více preferovaly sladké roztoky a acesulfam K v porovnání s kontrolní skupinou. Pomocí těchto výsledků však nelze vyvozovat závěry pro člověka, protože dávka použitého acesulfamu K byla o mnoho vyšší, než dokáže člověk běžně zkonzumovat (Pope et al. 2014).

Araújo et al. (2014) uvádějí, že studie na zvířatech ukázaly, že dlouhodobá konzumace nevýživných sladidel, zejména aspartamu, v období těhotenství může napomoci potomkům k rozvoji obezity a metabolickému syndromu v jejich pozdějším věku.

Co se však týče konzumace aspartamu během těhotenství u lidí, na základě dostupných údajů se neočekává při dodržování ADI žádné riziko. Těhotné ženy trpící fenylketonurií by se ale měly konzumaci aspartamu zcela vyhnout (Pope et al. 2014).

Sacharin prochází lidskou placentou. Ve studii na opicích zjistili, že plod dokáže sacharin eliminovat mnohem pomaleji než matka, což naznačuje, že se může v plodu akumulovat. Přesto není známo, že by konzumace sacharinu těhotnými ženami vyvolala nějaké negativní účinky. Nebylo zaznamenáno ani zvýšené riziko potratů (Pope et al. 2014).

Studie na zvířatech neuvádějí žádné nežádoucí účinky při konzumaci sukralózy těhotnými ženami (Pope et al. 2014). Je však známo, že acesulfam K, sacharin i sukralóza přestupují do mateřského mléka (Palatnik et al. 2020).

U polyolů se z důvodu jejich obecné bezpečnosti nepředpokládá, že by mohly představovat nebezpečí pro těhotné ženy. Měly by však být raději konzumovány s mírou. To samé platí i pro steviol-glykosidy (Pope et al. 2014).

Akademie výživy a dietetiky ve Spojených státech amerických dospěla k názoru, že spotřeba nevýživných sladidel je během těhotenství bezpečná (Palatnik et al. 2020). Pope et al. (2014) si myslí, že přestože jsou údaje týkající se používání náhradních sladidel během těhotenství omezené, nenaznačují zvýšené riziko toxicity, negativních účinků na těhotenství, ani nepoukazují na zdravotní problémy novorozenců. Doporučují ale pro jistotu, aby těhotné ženy dodržovaly přijatelnou denní dávku sladidla.

Naopak Morahan et al. (2020) tvrdí, že nebylo vyloučeno, že konzumace nevýživných sladidel během těhotenství může způsobit vyšší riziko vzniku obezity potomka. K posouzení, zda mohou mít náhradní sladidla negativní vliv na těhotenství a na potomky, však existuje jen omezené množství studií a je třeba ještě dalšího výzkumu.

3.10 Vliv náhradních sladidel na gastrointestinální trakt

O polyalkoholech je všeobecně známo, že mohou způsobit různé zažívací poruchy, z čehož nejčastěji se jedná o průjem a nadýmání. Jak silné zažívací obtíže se u lidského jedince vyskytnou, závisí zejména na konkrétním cukerném alkoholu a na jeho dávce (Bueno-Hernández et al. 2019).

Výskyt průjmu souvisí i s dalšími faktory. Jedná se zejména o hmotnost jedince, složení a strukturu zbytku současně konzumované stravy, stav nalačno, druh jídla a formu, ve které byl cukerný alkohol pozřen. Rozhodující je i molekulární struktura požitého polyalkoholu. Velikost a symetrie molekuly a počet hydroxylových skupin v molekule ovlivňují chování každého cukerného alkoholu v gastrointestinálním traktu. Konzumace polyolů je často také spojována se syndromem dráždivého tračníku a kručením v břiše, odborně známém jako borborygmus (Mäkinen 2016).

Na druhou stranu bylo zjištěno, že příjem cukerných alkoholů, například laktitolu a maltitolu, způsobuje nárůst populací některých prospěšných bakterií (laktobacily a bifidobakterie) ve vzorcích lidské stolice. Některé polyalkoholy tedy vykazují prebiotické vlastnosti. Spotřeba xylitolu u myší zase vedla k pozitivnímu ovlivnění metabolické aktivity řady střevních mikrobiálních populací (Daly et al. 2016).

Co se týče umělých sladidel, není známo příliš mnoho informací o jejich účincích na gastrointestinální trakt. Dosud není potvrzeno, zda hrají roli ve vývoji gastrointestinálních symptomů. Existují však dvě hlavní oblasti, o nichž byly zjištěny údaje naznačující, že umělá sladidla gastrointestinální trakt ovlivňují. Jedná se o motilitu a střevní mikrobiom (Spencer et al. 2016).

Nettleton et al. (2016) uvádějí, že aspartam, sacharin a sukralóza narušují rovnováhu a rozmanitost střevní mikrobioty, což může vést až ke vzniku glukózové intolerance, ale Khan et al. (2020) si myslí, že není možné jednoznačně říct, zda nenutriční sladidla ovlivňují střevní mikrobiom člověka, protože důkazy jsou odvozeny ze studií na zvířatech, kde zvířatům podávali velké množství sladidla, které člověk nemá šanci zkonzumovat.

Bueno-Hernández et al. (2019) jsou toho názoru, že používání xylitolu, erythritolu, sukralózy, aspartamu, acesulfamu K a sacharinu může způsobit zvýšenou sekreci gastrointestinálních hormonů regulujících střevní motilitu. Konzumace vyjmenovaných náhradních sladidel podle nich může změnit složení střevní mikrobioty.

Schiano et al. (2020) poprvé porovnali účinky glukózy, fruktózy, steviol-glykosidů a aspartamu na lidské endoteliální buňky. Došli k závěru, že na rozdíl od glukózy a fruktózy, steviol-glykosidy a aspartam nepoškozují endoteliální buňky. K posouzení vlivu náhradních sladidel na gastrointestinální trakt je třeba dalších studií.

3.11 Vliv náhradních sladidel na tělesnou hmotnost

Obezitu lze stále považovat za jeden z hlavních problémů veřejného zdraví. Globální nárůst výskytu obezity je zčásti spojován s nadměrnou konzumací jednoduchých cukrů (Mooradian et al. 2017). Výskyt nadváhy a obezity vzrostl zejména u dětí a dospívajících. Obezita může napomáhat vzniku mnoha vážných chronických onemocnění, jako jsou například kardiovaskulární onemocnění, hypertenze, diabetes mellitus 2. typu a rakovina (Karalexi et al. 2018).

Přestože náhradní sladidla poskytují nulovou, nebo jen nízkou energetickou hodnotu, vědci si kladou otázku, zda tyto náhražky cukru nemohou ve skutečnosti spíše přispět k obezitě. Pokud bude člověk konzumovat nekalorická sladidla ve stravě, ale nebude omezovat svůj energetický příjem, nebude to pro něj většinou představovat žádný přínos pro hubnutí. Někteří vědci jsou zastánci názoru, že sladká chuť připravuje trávicí systém na zpracování kalorického jídla. Pokud ale byla sladkost jídla vyvolána uměle a kalorie se nedostaví, tělo se snaží se vzniklou situací vyrovnat. Tento mechanismus vede s postupem času ke ztížení spalování kalorií a k obtížnému snižování hmotnosti (Jain & Grover 2015).

Schiano et al. (2020) jsou podobného názoru. Tvrdí, že konkrétně umělá sladidla nemusí být efektivní při regulaci hmotnosti a mohou vést i k nežádoucím následkům. Analýzy, které byly provedeny na myších i na lidech naznačují, že mohou syntetická sladidla ovlivněním střevní mikrobioty podporovat metabolické změny spojené s obezitou.

Jiné výsledky zpozorovali Tate et al. (2012), kteří zjistili, že u dospělých jedinců snižovala konzumace nápojů oslazených náhradními sladidly tělesnou hmotnost. Také Raben et al. (2002) ve své studii dospěli k výsledkům, že umělá sladidla redukovala tělesnou hmotnost. Navíc snižovala i hmotnost tuku a index tělesné hmotnosti u různých jedinců.

Anton et al. (2010) zjistili, že pokud bude člověk používat steviol-glykosidy nebo aspartam místo sacharózy ve stravě, může se jednat o efektivní strategii pro řízení příjmu potravy. Tey et al. (2016) mají na steviol-glykosidy jiný názor. První skupině mužů ve studii byl podáván před obědem nápoj oslazený sacharózou a druhé skupině nápoj oslazený steviol-glykosidy. Energie ušetřená konzumací steviol-glykosidů namísto sacharózy byla kompenzována při následných jídlech, a tak nebyl zjištěn žádný rozdíl v celkovém energetickém příjmu těchto dvou skupin.

Hunty et al. (2006) mezi sebou porovnávali výsledky 16 studií zabývajících se náhradou cukru aspartamem ve stravě a zjistili, že při konzumaci aspartamu bylo pozorováno výrazné snížení příjmu energie, ale i pravidelný úbytek hmotnosti.

Ruyter et al. (2012) informovali o vlivu nápojů oslazených umělými sladidly na tělesnou hmotnost dětí ve věku 4-11 let. Podávali jim buď nápoj oslazený sukralózou a acesulfamem K, nebo nápoj oslazený pouze cukrem po dobu 18 měsíců. Zjistili, že ve skupině, která konzumovala nápoj oslazený pouze cukrem, se vyskytoval vyšší přírůstek hmotnosti a zvýšený index tělesné hmotnosti než ve skupině, která konzumovala nápoj s umělými sladidly. Ke stejnému výsledku dospěli i Reid et al. (2007), kteří pozorovali účinek aspartamu na muže a ženy ve věku 20-50 let. Lze tedy konstatovat, že konzumace cukru způsobuje vyšší přírůstek hmotnosti než konzumace umělých sladidel.

K vyvození závěru, zda používání náhradních sladidel pomáhá snižovat hmotnost, nebo naopak podporuje nárůst hmotnosti, je třeba ještě dalšího výzkumu.

3.12 Náhradní sladidla jako prevence proti zubnímu kazu

Nadměrný příjem sacharózy ve stravě je spojen se vznikem zubního kazu. Zubní kaz je definován jako lokalizovaná destrukce tvrdé zubní tkáně kyselou látkou, která vzniká bakteriální fermentací sacharidů v potravě (Fitch & Keim 2012).

Většina orálních bakterií využívá sacharózu, ale i glukózu, fruktózu a další jednoduché cukry k produkci organických kyselin, konkrétně mléčné, octové a propionové kyseliny. Tím dojde ke snížení pH plaku na takovou úroveň, která může způsobit demineralizaci skloviny (Gupta 2018).

V porovnání s náhradními sladidly sacharóza vykazuje 40% nárůst bakteriální adherence a produkuje o 70 % více plakové hmoty. Protože nejsou náhradní sladidla metabolizována na kyseliny bakteriemi plaku, je prokázáno, že jsou účinná při snižování prevalence zubního kazu (Razak et al. 2017).

Schválená přírodní i syntetická sladidla jsou antikariogenní. Pro cukerné alkoholy bylo dokonce schváleno zdravotní tvrzení, že nepodporují zubní kaz (Fitch & Keim 2012). Antikariogenní potenciál náhradních sladidel spočívá v tom, že inhibují syntézu nerozpustného glukanu vyráběného pomocí *Streptococcus mutans* ze sacharózy. Další mechanismus je založen na poklesu počtu *Streptococcus mutans* ve slinách a v plaku. Uplatňuje se i zvýšení pufrovací kapacity a pH zubního plaku a remineralizace skloviny (Gupta 2018).

Žvýkačky bez cukru, které jsou oslazeny náhradními sladidly, mohou působit jako prevence proti vzniku zubního kazu. V České republice je v porovnání s evropským průměrem výskyt zubních kazů nadprůměrný. Zubní kaz se vyskytuje u zhruba 50 % pětiletých a téměř 70 % dvanáctiletých českých dětí. Hlavní roli při předcházení vzniku zubního kazu hraje ústní hygiena, může však napomoci i žvýkání žvýkaček bez cukru. Podporují totiž tvorbu slin, díky čemuž dochází k neutralizaci kyselin a remineralizaci vznikajícího zubního kazu (Gabrovská & Chýlková 2017).

Žvýkat žvýkačky bez cukru doporučuje řada mezinárodních expertních organizací, včetně České stomatologické komory. Byla schválena mnohá zdravotní tvrzení, například, že žvýkačka bez cukru napomáhá snižovat demineralizaci zubů, která je rizikovým faktorem pro vznik zubních kazů. Dalším zdravotním tvrzením je, že žvýkačka bez cukru napomáhá neutralizovat kyseliny z plaku, které jsou rizikovým faktorem pro vznik zubních kazů. Pokud chce výrobce použít některé z těchto zdravotních tvrzení, musí spotřebitele informovat o tom, že pro dosažení slibovaného efektu je nutné žvýkat alespoň třikrát denně 2-3 gramy žvýkačky bez cukru po dobu minimálně dvaceti minut (Gabrovská & Chýlková 2017).

3.13 Výroba potravin a nápojů s použitím náhradních sladidel

Pokud chceme použít nějaké náhradní sladidlo pro výrobu potravin nebo nápojů, musíme být obeznámeni s jeho vlastnostmi. Kdybychom chtěli nápoj osladit například jen sacharinem, k dosažení požadované sladké chuti by musela být použita dávka překračující jeho povolené množství. Navíc by nápoj vykazoval kovovou příchuť. Nejčastěji se proto lze setkat s kombinací dvou a více sladidel. Nejen, že se tak sníží obsah každého jednotlivého sladidla, ale také se dosáhne požadované sladké chuti (Gabrovská & Chýlková 2017).

Sacharin, acesulfam K a cyklamát bývají kombinovány s aspartamem, jelikož aspartam zlepší celkový vjem sladké chuti. Naopak steviol-glykosidy vykazují relativně čistou sladkou chuť a dobře se rozpouští ve vodě. Jsou proto hojně používány do nápojů. Aspartam a sukralóza se chuťově podobají cukru. Aspartam je ale nevhodný do trvanlivých výrobků nebo pro tepelnou úpravu. Sukralóza je naopak univerzální sladidlo (Gabrovská & Chýlková 2017).

Pokud v potravinách nebo nápojích nahradíme cukr náhradními sladidly, nesmíme zapomenout na to, že nemají stejné funkční vlastnosti jako cukr, mezi které řadíme například zhnědnutí, krystalizaci, nebo mikrobiální inhibici (Fitch & Keim 2012).

3.13.1 Označování náhradních sladidel na potravinách a nápojích

Každému náhradnímu sladidlu schválenému v Evropské unii byl přidělen E kód skládající se z písmene E a tří až čtyř číslic. Pokud je do určité potraviny nebo nápoje přidáno, musí být uvedeno ve složení buď pomocí E kódu, nebo schváleného názvu. Lze použít i kombinaci obojího, ale není to povinnost. Na všech potravinách a nápojích oslazených náhradními sladidly musí být u jejich názvu uvedena informace „se sladidlem, sladidly“, případně „s cukrem, cukry a sladidlem, sladidly“. Pokud byla náhradní sladidla přidána pro jiný technologický účel, povinnost se na ně nevztahuje (Gabrovská & Chýlková 2017).

Jelikož mohou některá náhradní sladidla způsobit u určitých spotřebitelů nežádoucí reakci, byla pro výrobce potravin zavedena povinnost uvést na obalech potravin a nápojů také dodatečné informace známé jako varovné věty. Všechny produkty, ve kterých byl použit aspartam či sůl aspartamu-acesulfamu, a ve složení jsou tato sladidla uvedena pouze pomocí E kódu, musí dle nařízení Evropské unie č. 1169/2011 zahrnovat větu: „Obsahuje aspartam (zdroj fenylalaninu)“. Pokud se ve složení produktu obsahujícího aspartam či sůl aspartamu-acesulfamu uvede jejich schválený název, musí být na obalu uvedena věta: „Obsahuje zdroj fenylalaninu“. V případě, že obsahují více než 10 % přidaných polyalkoholů povolených dle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008, výrobce uvede na potravině větu: „Nadměrná konzumace může vyvolat projímavé účinky“ (Gabrovská & Chýlková 2017).

Pokud chce výrobce použít tvrzení, že se jedná o nízkoenergetickou potravinu, nesmí obsahovat více než 40 kcal/100 g. Na nápoje se vztahuje hodnota do 20 kcal/100 ml. U stolních sladidel platí limit 4 kcal na porci se sladivými vlastnostmi, které odpovídají 6 gramům sacharózy. Pro potraviny se sníženou energetickou hodnotou lze toto tvrzení použít jen tehdy, pokud je jejich energetická hodnota snížena minimálně o 30 %. Je také povinností u nich uvést vlastnost, která pomohla potravině snížit celkovou energetickou hodnotu. Potravina bez energetické hodnoty nesmí obsahovat více než 4 kcal/100 ml. U stolních sladidel bez energetické hodnoty platí limit 0,4 kcal na porci, se sladivými vlastnostmi odpovídajícími 6 gramům sacharózy (Gabrovská & Chýlková 2017).

3.14 Zakázaná náhradní sladidla v České republice

V Evropské unii, stejně jako v České republice, není povoleno užívat do potravin a nápojů některá náhradní sladidla. Většinou se jedná o takové náhražky cukru, které byly objeveny před nedávnou dobou. Existují určitá náhradní sladidla, která sice nejsou povolena v Evropské unii, ale jinde ve světě se užívat mohou. Potraviny a nápoje s obsahem nepovolených sladidel, které byly vyrobené v zemích nespadajících pod Evropskou unii, se na evropský trh nemohou dovážet. Pokud dané sladidlo není povoleno, mohlo by to z pohledu evropského potravinového práva značit nebezpečné potraviny a nápoje (Gabrovská & Chýlková 2017).

Důvodem, proč nejsou některá náhradní sladidla stále povolena v Evropské unii, může být například silná cukrovarnická lobby, která může chtít blokovat uvedení sladidel na evropský trh. Mohlo by se jednat ale i o snahu výrobců schválených sladidel udržet si svou konkurenceschopnost. Mezi nepovolená sladidla tak patří například tagatóza, alitam, brazzein, glycyrrhizin, monellin, nebo mogrosidy (Čopíková et al. 2013).

V Evropské unii se lze setkat i s nepovolenými cukernými alkoholy. Jedná se například o arabitol. Ve Spojených státech amerických je však toto sladidlo legálně používáno (Carocho et al. 2017).

3.14.1 Alitam

Alitam je dipeptidové sladidlo podobné aspartamu. Řadí se mezi syntetická sladidla. Sladí přibližně 2000krát více než sacharóza. Poskytuje kalorickou hodnotu 1,4 kcal/g, ale díky jeho vysoké sladivosti je jeho energetická hodnota zanedbatelná. Chuť alitamu bývá popisována jako čistě sladká (Nikoleli & Nikolelis 2012).

Vykazuje větší stabilitu než aspartam, proto je vhodný pro použití do vyššího spektra potravin. Smí se požívat k oslazení potravin a nápojů například v Mexiku, Austrálii, na Novém Zélandu a v Číně (Čopíková et al. 2013).

3.14.2 Arabitol

Arabitol se řadí mezi polyalkoholy a jedná se o stereoizomer xylitolu. Vykazuje 70 % sladivosti sacharózy. Jedná se o neenergetické sladidlo, jako je tomu u erythritolu. Poskytuje pouze 0,2 kcal/g. Předpokládá se, že má podobnou chuť i vlastnosti jako xylitol (Koganti & Ju 2013).

3.14.3 Brazzein

Brazzein spadá do skupiny přírodních sladidel a jedná se o sladce chutnající protein izolovaný ze západoafrického ovoce poskytovaného rostlinou oubli (*Pentadiplandra brazzeana* Baillon). Je přibližně 500-2000krát sladší než sacharóza. Chutí se podobá cukru. Jeho kalorická hodnota dosahuje sice 4 kcal/g, ale díky své vysoké sladivosti se řadí mezi neenergetická sladidla. Je dobře rozpustný ve vodě a vykazuje termostabilitu i vysokou odolnost vůči širokému rozmezí pH (Chung et al. 2018).

Projevily se u něj silné antioxidační účinky a byla u něj zpozorována i protizánětlivá a antialergická aktivita. Díky jeho příznivým vlastnostem by mohl mít vysoký potenciál do budoucna (Chung et al. 2018).

3.14.4 Dulcin

Dulcin je bývalé náhradní sladidlo, které má sladivost přibližně 250krát vyšší než sacharóza. Objeven byl již v roce 1884, což je jen o 5 let později, než byl učiněn objev sacharinu. Nikdy ale nezískal takový úspěch, a to i přesto, že oproti sacharinu neposkytoval hořkou pachuť (Informační centrum bezpečnosti potravin 2020c).

Počáteční zdravotní testy ukazovaly, že dulcin je bezpečné náhradní sladidlo vhodné pro lidskou konzumaci. Později však studie provedená na zvířatech v roce 1951 Úřadem pro kontrolu potravin a léčiv (FDA) zjistila, že dulcin vykazuje karcinogenní účinky. V roce 1954 tedy došlo k jeho celoplošnému stažení z trhu a od té doby se nevyrábí (Informační centrum bezpečnosti potravin 2020c).

3.14.5 Glycyrrhizin

Glycyrrhizin, přesněji kyselina glycyrrhizinová, je přírodní sladidlo, které se získává z kořenů a oddenku rostliny *Glycyrrhiza glabra* Linné, česky známé jako lékořice. Je přibližně 50-200krát sladší než sacharóza a jedná se o neenergetické sladidlo, které neposkytuje žádné kalorie (Carocho et al. 2017).

Vyznačuje se sladkou dřevitou chutí. Jeho sladkost má pomalý nástup a zanechává dlouhotrvající lékořicovou pachuť. Je relativně stabilní a velmi dobře se rozpouští ve vodě. Zvýrazňuje chuť potravin a umí maskovat hořké pachutě (Nikoleli & Nikolelis 2012).

Je známo, že vykazuje protinádorové, protizánětlivé, hepatoprotektivní, antioxidační a antivirové účinky (Carocho et al. 2017). Byly u něj hlášeny ale i některé vedlejší účinky, jmenovitě otoky a hypertenze u lidí konzumujících vysoké množství glycyrrhizinu po delší časový úsek (Nikoleli & Nikolelis 2012).

Jeho použití je povoleno v Japonsku a Tchaj-wanu. Ve Spojených státech amerických smí být užíván pouze k aromatizaci či ke zvýraznění chuti potravin, ne však jako náhradní sladidlo (Nikoleli & Nikolelis 2012).

3.14.6 Mogrosidy

Luo han guo je obecný název pro trvalou liánovitou rostlinu *Siraitia grosvenorii* Jeffrey. Pochází z jižní Číny a severního Thajska. Plody této trvalky jsou známy jako arhatovo, buddhovo, nebo mnišské ovoce (Gabrovská & Chýlková 2017).

Za sladkou chuť plodů jsou zodpovědné triterpenové glykosidy označované jako mogrosidy. Jedná se zejména o mogrosid V, který je v rostlině zastoupen v majoritním množství (Jain & Grover 2015).

Mogrosidy se řadí mezi přírodní neenergetická sladidla a jsou přibližně 250-300krát sladší než sacharóza. Mají nulovou kalorickou hodnotu (Gabrovská & Chýlková 2017). Jedná se o sloučeniny stabilní a snadno rozpustné ve vodě. Strukturálně se podobají steviol-glykosidům (Jain & Grover 2015).

Extrakt z ovoce luo han guo se používá již dlouhá léta v tradiční čínské medicíně, například pro léčbu nachlazení, bolesti v krku a při některých žaludečních a střevních potížích. Bylo zjištěno, že má antioxidační potenciál a není vyloučeno, že může vykazovat i protirakovinné vlastnosti (Jain & Grover 2015).

Mogrosidy jsou schválené jako náhradní sladidlo například v Japonsku, Austrálii, na Novém Zélandu a ve Spojených státech amerických (Qin et al. 2006).

3.14.7 Monellin

Monellin je sladce chutnající protein, který byl objeven v ovoci africké rostliny *Dioscoreophyllum cummiusii* Stapf. Jeho sladivost je až 3000krát vyšší než sladivost sacharózy. Poskytuje sice 4 kcal/g, ale v přepočtu na porci se řadí mezi neenergetická sladidla (Izawa et al. 2010). Jeho sladká chuť se dostavuje pomalu a přináší s sebou dlouho přetrvávající dochuť (Kinghorn & Compadre 2001).

Monellin je rozpustný ve vodě. Nevyznačuje se velkou stabilitou, labilita u něj nastává už při teplotě nad 50 °C, kdy dochází ke ztrátě jeho sladké chuti (Račická 2012).

3.14.8 Tagatóza

Tagatóza je strukturálně podobná laktóze a lze ji nalézt v malém množství v ovoci a v mléčných výrobcích. Průmyslově se získává z laktózy a lze jí zařadit mezi syntetická sladidla totožná s přírodními. Vykazuje přibližně 92 % sladivosti sacharózy, ale v porovnání s ní obsahuje asi jednu třetinu kalorií, konkrétně 1,5 kcal/g. Spadá do sladidel energetických. Má podobnou chuť jako sacharóza, ale poskytuje i hořkou pachuť. Je stabilní při pH 2-7 a velmi dobře se rozpouští ve vodě (Carocho et al. 2017).

Přestože se tagatóza považuje za cukr, nepodporuje vznik zubního kazu a prakticky nemění hladinu glukózy v krvi, což ji činí bezpečnou pro diabetiky. Navíc se jedná o prebiotikum (Carocho et al. 2017).

Tagatóza je sice v Evropské unii schválena a smí se přidávat do potravin a nápojů, ale není schválena pro použití jako náhradní sladidlo. Slouží například jako zvýrazňovač chuti a zvlhčovadlo (Carocho et al. 2017).

4 Materiál a metody

4.1 Dotazníkové šetření

4.1.1 Sběr dat

Sběr dat byl uskutečněn pomocí dotazníkového šetření, které probíhalo od 6. října 2020 do 15. listopadu 2020. Dotazník jsem sestrojila elektronicky prostřednictvím české online platformy pro tvorbu dotazníků vyplnto.cz. Pro jeho vyplnění sloužil elektronický odkaz, který jsem sdílela na sociálních sítích a zveřejnila ho na několika internetových serverech. Byla zachována anonymita respondentů.

4.1.2 Struktura dotazníku

Dotazník s názvem „Konzumace náhradních sladidel“ byl sestaven takovým způsobem, aby korespondoval s cíli práce a získaná data mohla sloužit k vyhodnocení stanovených hypotéz. Skládal se celkem z 28 otázek. Žádný respondent ale nevyplňoval všechny otázky, jelikož se jednalo o dotazník s rozvětvenými otázkami. Respondentovi se tedy podle odpovědí, které zvolil, zobrazovaly vždy jen relevantní otázky dále rozvíjející jeho odpovědi. Nejvíce otázek se zobrazovalo respondentům, kteří náhradní sladidla konzumují. Na konci dotazníku čekaly na všechny respondenty identifikační otázky. Dotazník obsahoval zejména otázky uzavřené, ale také polouzavřené, tedy s možností vlastního vyjádření. U některých otázek musel respondent vybrat jen 1 odpověď, u zbylých mohl zvolit vícero odpovědí. Na začátku dotazníku bylo uvedeno oslovení respondenta, instrukce k vyplnění a kontakt na mou osobu v případě zájmu o výsledky dotazníku. Po odeslání dotazníku nechybělo poděkování respondentům za jejich ochotu, čas a poskytnuté odpovědi. Vzor dotazníku lze spatřit v příloze č. 1.

4.1.3 Soubor respondentů

Respondenti byli charakterizováni jako obyvatelé České republiky (mužského i ženského pohlaví) starší 18 let. Věková hranice 18 let byla stanovena z důvodu, aby respondenti byli schopni poskytnout co nejrelevantnější odpovědi. U zletilých osob jsem předpokládala lepší znalost tématu a větší schopnost uvědomit si, jaké potraviny a nápoje a jakého složení konzumují. Horní věková hranice nebyla omezena. Celkem se dotazníkového šetření zúčastnilo 290 respondentů, avšak 6 z nich bylo z průzkumu vyloučeno, jelikož nesplňovali věkovou hranici.

4.1.4 Zpracování dat

Výsledky jsem graficky zpracovala pomocí programu Microsoft Excel 2016. Ke statistickému vyhodnocení hypotéz jsem použila program STATISTICA 12. K vyhodnocení dat sloužil chí-kvadrát test pro kontingenční tabulku a chí-kvadrát test pro asociační tabulku. Testování bylo provedeno na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

4.2 Senzorická analýza

4.2.1 Sběr dat

Data byla sesbírána pomocí senzorické analýzy, která proběhla 12. ledna 2021 v dopoledních hodinách v senzorické laboratoři nacházející se na České zemědělské univerzitě v Praze. Formuláře pro jednotlivé úlohy jsem sestrojila v programu Microsoft Word 2016 a poté jsem je vytiskla do papírové podoby.

4.2.2 Příprava vzorků

Pro přípravu vzorků bylo použito celkem 6 sladidel. Jednalo se o sacharózu – Tereos TTD, a. s. cukr bílý krupice, Irbis aspartam, FAN sladidla sacharin, Stevia steviol-glykosidy, Star Linea sukralózu a Allnature xylitol. Použitá sladidla lze spatřit na Obrázku č. 8.

Všechny vzorky byly převedeny do vodných roztoků. Nejprve jsem si navážila ekvivalentní množství sladidla takovým způsobem, aby všechny vzorky měly po smíchání s vodou sladivost rovnající se sacharóze. Do odměrné baňky jsem na váze s přesností 0,001 g navážila 40 g sacharózy. Baňku jsem dolila kohoutkovou vodou do 1000 ml. U xylitolu jsem postupovala stejně, protože se jeho sladící schopnost rovná sacharóze. Sladidla s aspartamem jsem navážila 4 g, jelikož výrobce uváděl, že je 10krát sladší než cukr a k oslazení ho tedy stačí 10krát méně. U sacharinu bylo uvedeno, že 1 tableta nahrazuje sladivost 1 lžičky (6 g) cukru. Proto jsem dopočítala takové množství tablet, aby odpovídalo sladivosti 40 g cukru, což je 6 tablet a dvě třetiny další tablety. U sladidla obsahujícího steviol-glykosidy a u sladidla se sukralózou výrobce uvádí, že 1 lžička sladidla nahradí 4 lžičky cukru, sladidel tedy bylo potřeba 4krát méně, konkrétně 10 g od každého.

Vzorky byly označeny čtyřmístnými čísly a ponechány v lednici. V den analýzy jsem je z lednice odebrala, aby měly čas dosahovat pokojové teploty. Následně jsem je rozlila do kádinek také označených příslušnými čtyřmístnými čísly. Pro pořadovou preferenční zkoušku a senzorický profil chuti jsem do každé z 5 kádinek nalila 50 ml příslušných vzorků, pro trojúhelníkovou zkoušku jsem do každé ze 3 kádinek nalila 25 ml příslušných vzorků.

4.2.3 Struktura formulářů

Vytvořila jsem celkem 3 formuláře. První formulář se týkal pořadové preferenční zkoušky, ve které měli hodnotitelé seřadit podle svých chuťových preferencí sladidla od nejméně preferovaného po nejvíce preferované. Dále měli vyznačit, jak velké rozdíly se průměrně vyskytovaly mezi sousedními vzorky a jak velký rozdíl byl mezi prvním a posledním vzorkem. Pro tuto úlohu byly použity jmenovitě roztoky sacharózy, aspartamu, sacharinu, steviol-glykosidů a sukralózy. Následoval formulář pro senzorický profil chuti, kde měli hodnotitelé za úkol ochutnávat stejné roztoky jako u pořadové preferenční zkoušky. U každého roztoku měli na nestrukturované grafické stupnici, tedy úsečce o délce 10 cm, zaznamenat celkovou příjemnost chuti, intenzitu sladké chuti a intenzitu pachuti. Poslední formulář se týkal trojúhelníkové zkoušky. Polovina respondentů dostala 2 vzorky roztoků sacharózy a 1 vzorek roztoku xylitolu a druhá polovina dostala naopak 2 vzorky roztoků xylitolu a 1 vzorek roztoku sacharózy. Hodnotitelé měli posoudit, jaké 2 vzorky jim připadají chuťově stejné a jaký vzorek jim připadá odlišný. Vzor formulářů lze najít v příloze č. 2.

4.2.4 Soubor hodnotitelů

Celkem se senzorické analýzy zúčastnilo 14 hodnotitelů. Jednalo se o pracovníky České zemědělské univerzity v Praze obojího pohlaví ve věku 24-69 let.

4.2.5 Průběh senzorické analýzy

Nejdříve proběhlo hodnocení pořadové preferenční zkoušky (v souladu s ČSN ISO 8587), dále senzorického profilu (v souladu s ČSN EN ISO 13299) a poslední na pořadí byla trojúhelníková zkouška (v souladu s ČSN EN ISO 4120). Hodnotitelům byly sděleny instrukce k vyplnění formulářů. Vzorky ochutnávali v oddělených kójích a do formulářů zaznamenávali své odpovědi. K neutralizaci chuti jim byl poskytnut chléb a kohoutková voda v kádince.

4.2.6 Zpracování dat

Nashromážděná data jsem zpracovala pomocí programu Microsoft Excel 2016 a senzorický profil chuti jsem vyhodnotila v programu STATISTICA 12 prostřednictvím jednofaktorové ANOVY a Scheffého testu. Výsledky trojúhelníkové zkoušky jsem porovnala s příslušnou tabulkou pro statistické hodnocení v ČSN EN ISO 4120. K vyhodnocení pořadové preferenční zkoušky jsem použila Friedmanův test. K výpočtu sloužil vzorec:

$F = \frac{12}{jp(p+1)} (R_1^2 + \ldots + R_p^2) - 3j(p + 1)$, kde:
j – počet posuzovatelů
p – počet vzorků
$R_1 \ldots R_p$ – součty pořadí p vzorků od j posuzovatelů
F – Friedmanovo kritérium
F_{krit} – kritická hodnota Friedmanova kritéria
Pokud je $F \geq F_{krit}$, mezi vzorky existuje statisticky významný celkový rozdíl.

Pro porovnání dvou vzorků Friedmanovým testem slouží vztah:

$R_i - R_j \geq 1{,}960\sqrt{\frac{jp(p+1)}{6}}$, kde:
i, j – 2 vzorky, které mezi sebou porovnáváme
R_i, R_j – součty pořadí vzorků i, j

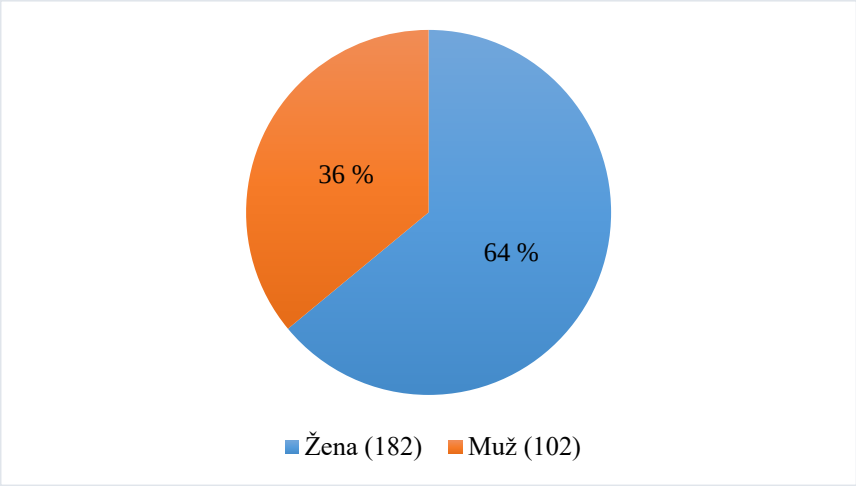
Obrázek č. 8: Náhradní sladidla použitá k senzorické analýze

5 Výsledky

5.1 Výsledky dotazníkového šetření

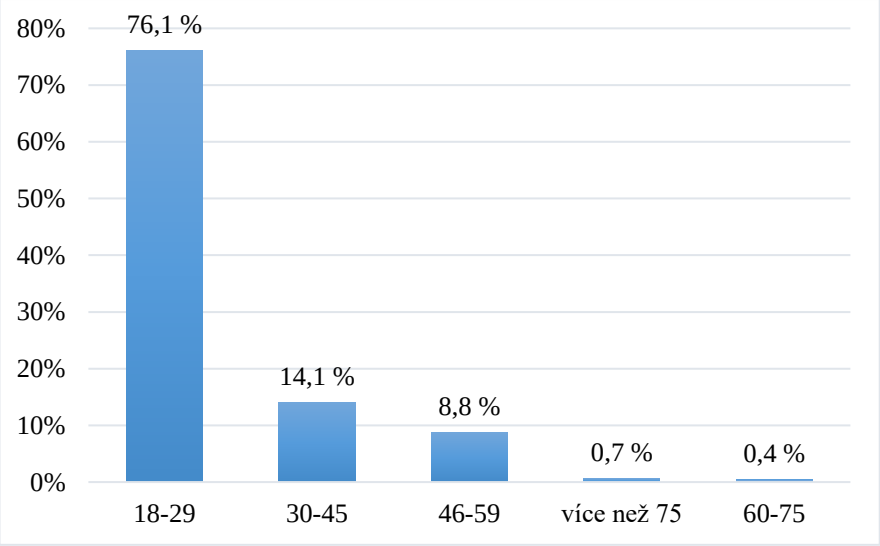
5.1.1 Identifikační otázky

Dotazníkového šetření se zúčastnilo celkem 284 respondentů, konkrétně 182 žen a 102 mužů. Z Grafu č. 2 je patrné, že soubor respondentů byl tvořen zejména ženským pohlavím.



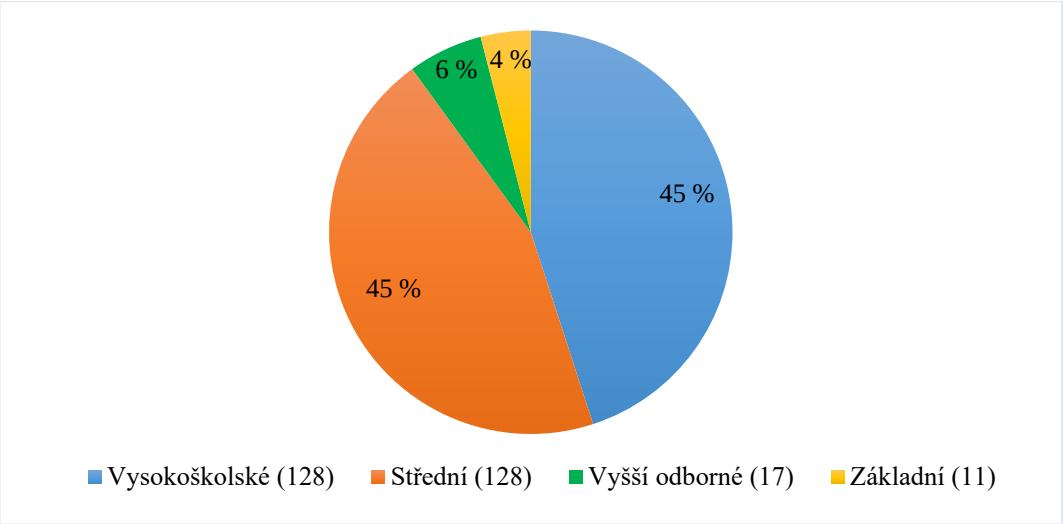
Graf č. 2: Pohlaví respondentů

Graf č. 3 ukazuje, že nejvíce respondentů spadalo do kategorie 18-29 let, naopak nejméně respondentů bylo zařazeno do kategorie 60-75 let a více než 75 let.



Graf č. 3: Věková kategorie respondentů

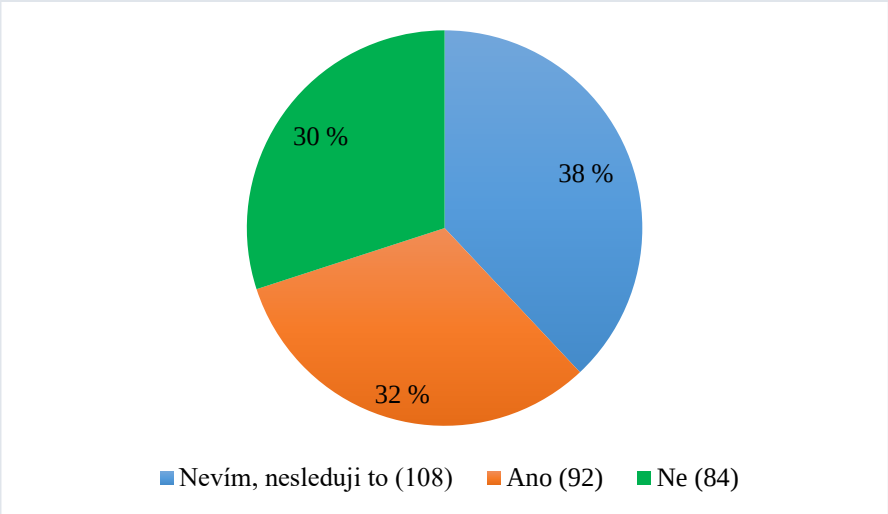
Co se týče nejvyššího dosaženého stupně vzdělání, Graf č. 4 zobrazuje, že mezi respondenty dominovalo vzdělání vysokoškolské a střední. Zbylí respondenti měli vyšší odborné vzdělání a základní vzdělání.



Graf č. 4: Nejvyšší dosažený stupeň vzdělání respondentů

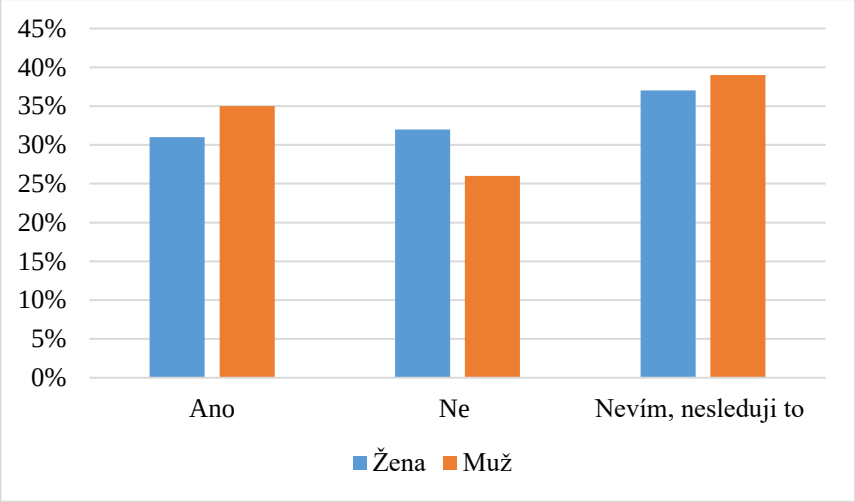
5.1.2 Otázky týkající se konzumace náhradních sladidel

Nejvíce respondentů (konkrétně 108) spadalo do skupiny lidí, kteří nevědí či nesledují, zda potraviny nebo nápoje s obsahem náhradních sladidel konzumují. 92 respondentů uvedlo, že potraviny nebo nápoje s obsahem náhradních sladidel konzumuje a 84 respondentů sdělilo, že je nekonzumuje. Procentuální zastoupení jednotlivých kategorií je zobrazeno na Grafu č. 5.



Graf č. 5: Konzumace potravin nebo nápojů s obsahem náhradních sladidel

Graf č. 6 znázorňuje procentuální vyjádření počtu žen a mužů ve vztahu ke konzumaci potravin nebo nápojů s obsahem náhradních sladidel.



Graf č. 6: Konzumace potravin nebo nápojů s obsahem náhradních sladidel v závislosti na pohlaví – procentuální vyjádření

Tabulka č. 3 je kontingenční tabulka, která vyjadřuje, kolik žen a kolik mužů potraviny nebo nápoje obsahující náhradní sladidla konzumuje, nekonzumuje, nebo neví či nesleduje, zda je konzumuje.

Tabulka č. 3: Konzumace potravin nebo nápojů s obsahem náhradních sladidel v závislosti na pohlaví

Pohlaví	2-rozměrná tabulka: Pozorované četnosti (Konzumace ženami a muži) Četnost označených buněk > 10			
	Odpověď ano	Odpověď ne	Odpověď nevím, nesleduji to	Řádk. součty
žena	56	58	68	182
muž	36	26	40	102
Celk.	92	84	108	284

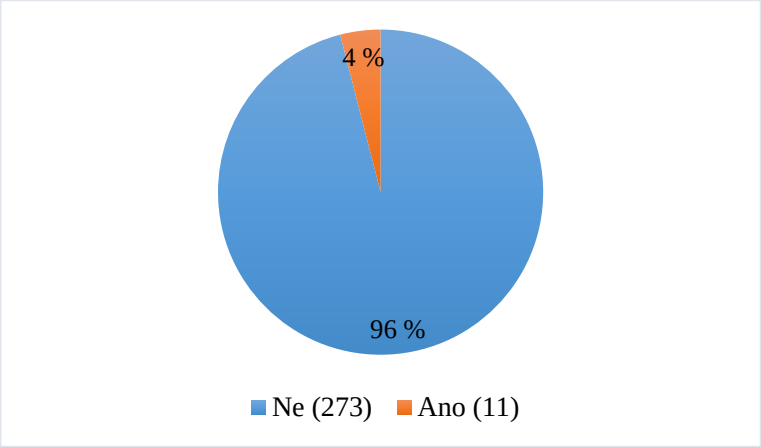
Z Tabulky č. 4 lze vyvodit, že nelze zamítnout nulovou hypotézu (p> 0,05) a že konzumace náhradních sladidel není závislá na pohlaví.

Tabulka č. 4: Statistické vyhodnocení dat z Tabulky č. 3

Statist.	Statist. : Pohlaví(2) x Odpověď(3) (Konzumace ženami a muži)		
	Chí-kvadr.	sv	p
Pearsonův chí-kv.	1,371150	df=2	p=,50380
M-V chí-kvadr.	1,386380	df=2	p=,49998
Fí	,0694838		
Kontingenční koeficient	,0693166		
Cramér. V	,0694838		

1) H_0: Konzumace náhradních sladidel není závislá na pohlaví.
   H_1: Konzumace náhradních sladidel je závislá na pohlaví.
2) $\alpha = 0,05$
3) Chí-kvadrát test pro kontingenční tabulku
4) $p = 0,50380 > \alpha$ → nelze zamítnout nulovou hypotézu
5) Konzumace náhradních sladidel není závislá na pohlaví.

Z celkového počtu 284 respondentů trpí diabetem mellitem I. nebo II. typu jen 4 % respondentů, což lze spatřit na Grafu č. 7. Počty respondentů trpících diabetem mellitem v jednotlivých skupinách zobrazuje Tabulka č. 5.



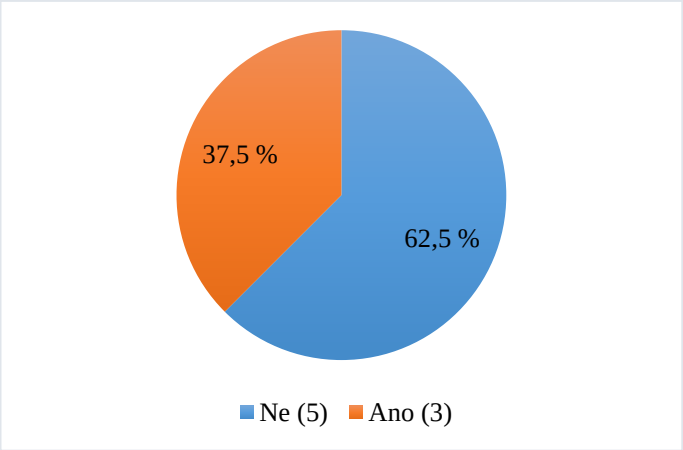
Graf č. 7: Výskyt diabetu mellitu I. nebo II. typu

Tabulka č. 5: Výskyt diabetu mellitu I. nebo II. typu u jednotlivých skupin respondentů

Výskyt diabetu mellitu I. nebo II. typu	Konzumace náhradních sladidel	Vyhýbání se konzumaci náhradních sladidel	Nezabývání se konzumací náhradních sladidel
Ne	84	82	107
Ano	8	2	1

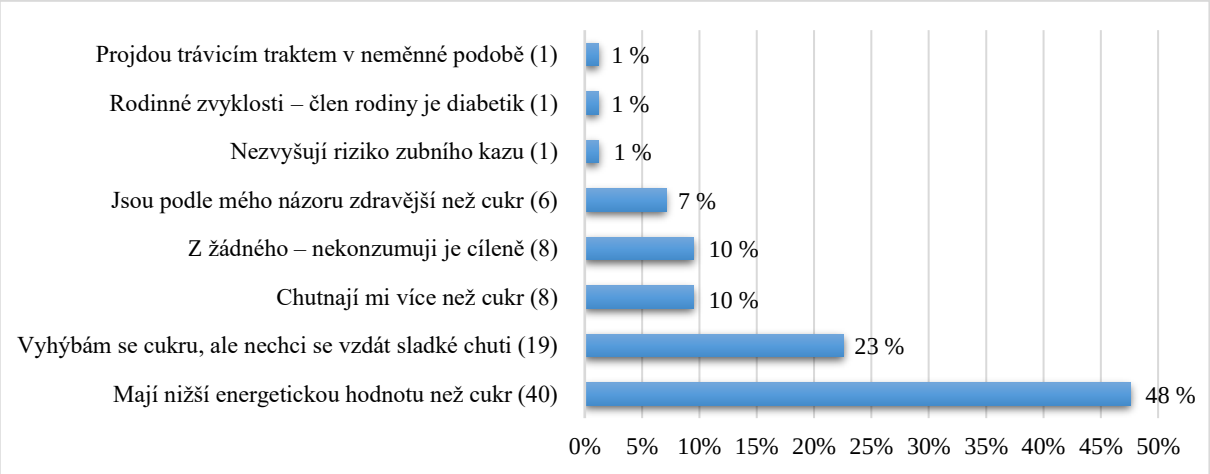
5.1.2.1 Otázky týkající se pouze respondentů konzumujících potraviny nebo nápoje obsahující náhradní sladidla

Z osmi diabetiků konzumujících náhradní sladidla by větší část raději konzumovala náhradní sladidla než cukr i přesto, že by cukrovkou netrpěli, a menší část by si raději dopřávala cukr. Procentuální vyjádření lze vidět na Grafu č. 8.



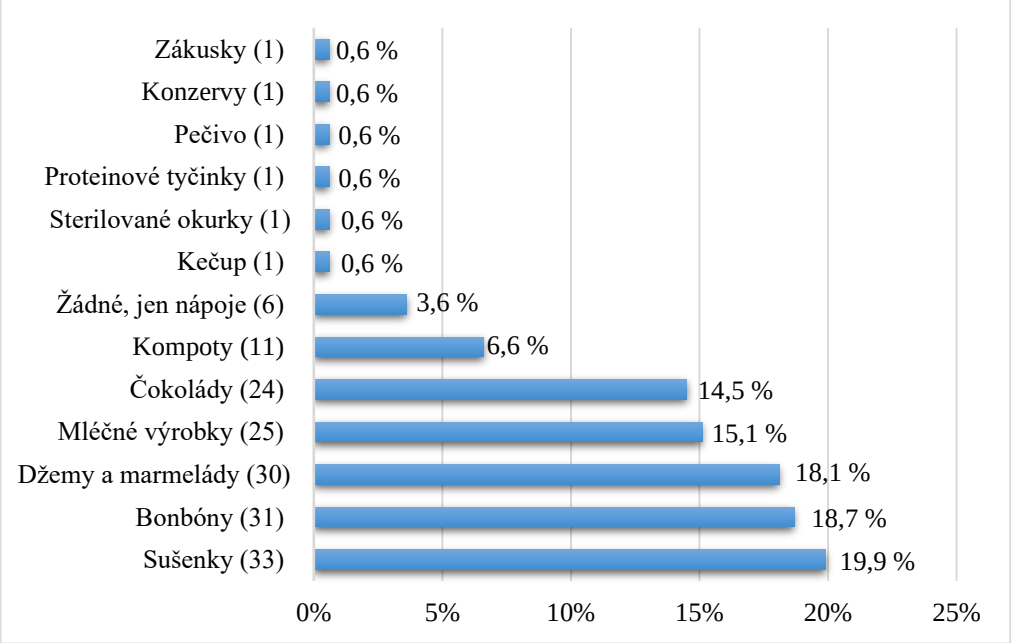
Graf č. 8: Odpověď na otázku, zda by diabetici raději konzumovali výrobky oslazené cukrem než náhradními sladidly, kdyby netrpěli diabetem mellitem

Nejčastěji voleným důvodem konzumace náhradních sladidel byla jejich nižší energetická hodnota ve srovnání s cukrem. Někteří respondenti náhradní sladidla nekonzumují cíleně, a tak nemají žádný hlavní důvod k jejich konzumaci. Všechny hlavní důvody konzumace náhradních sladidel s procentuálním zastoupením jsou uvedeny v Grafu č. 9.



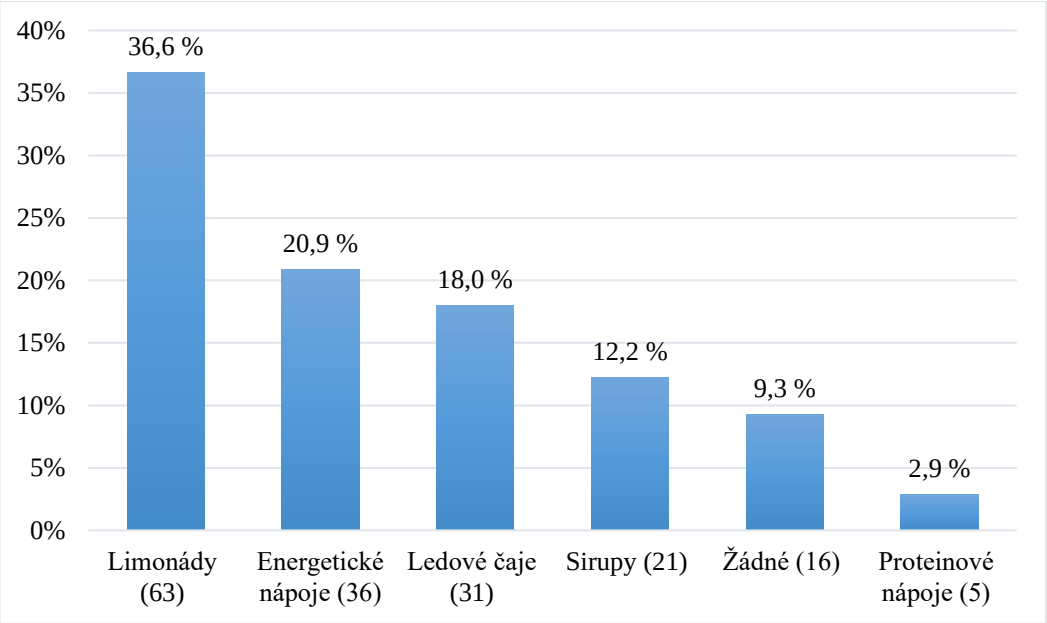
Graf č. 9: Hlavní důvody konzumace náhradních sladidel

Sušenky oslazené náhradními sladidly se staly nejčastěji volenou konzumovanou potravinou. Dále se jednalo o bonbóny, džemy a marmelády, mléčné výrobky a čokolády. Všechny další odpovědi s procentuálním vyjádřením lze vyčíst z Grafu č. 10.



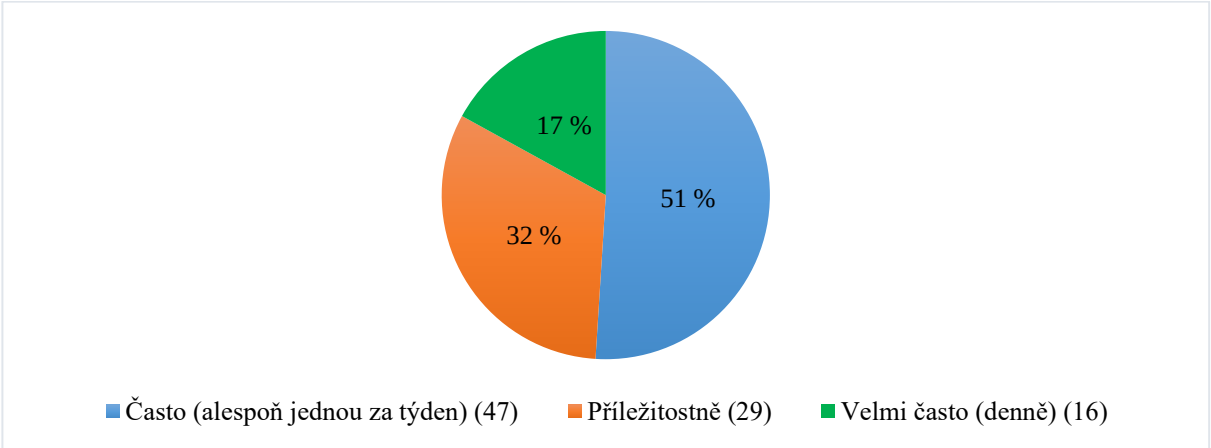
Graf č. 10: Konzumované potraviny obsahující náhradní sladidla

Za nejčastěji konzumované nápoje s obsahem náhradních sladidel byly zvoleny limonády. Oblíbenými se staly i energetické nápoje a ledové čaje. Další odpovědi jsou patrné z Grafu č. 11.



Graf č. 11: Konzumované nápoje obsahující náhradní sladidla

Graf č. 12 ukazuje, jak často respondenti konzumují náhradní sladidla. Z grafu vyplývá, že více než polovina respondentů je konzumuje často, zbylí respondenti méně frekventovaně.



Graf č. 12: Frekvence konzumace potravin a nápojů s obsahem náhradních sladidel

Tabulka č. 6 je kontingenční tabulka, která znázorňuje, jak často konzumují ženy a muži potraviny a nápoje s obsahem náhradních sladidel.

Tabulka č. 6: Frekvence konzumace potravin a nápojů s obsahem náhradních sladidel v závislosti na pohlaví

Pohlaví	2-rozměrná tabulka: Pozorované četnosti (frekvence konzumace) Četnost označených buněk > 10			
	Odpověď velmi často	Odpověď často	Odpověď příležitostně	Řádk. součty
žena	7	30	19	56
muž	9	17	10	36
Celk.	16	47	29	92

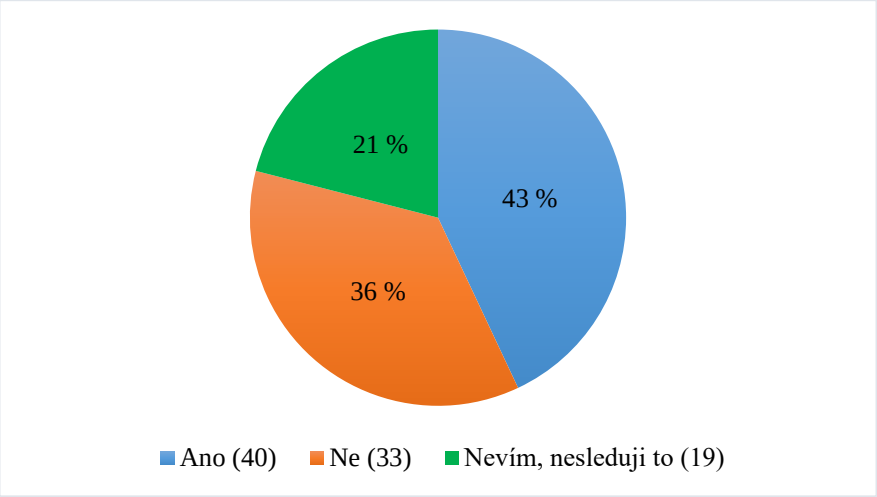
Z Tabulky č. 7 lze vyčíst, že frekvence konzumace potravin a nápojů s obsahem náhradních sladidel není závislá na pohlaví (p> 0,05).

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

Statist.	Statist. : Pohlaví(2) x Odpověď(3) (frekvence konzumace)		
	Chí-kvadr.	sv	p
Pearsonův chí-kv.	2,404664	df=2	p=,30049
M-V chí-kvadr.	2,350738	df=2	p=,30871
Fí	,1616714		
Kontingenční koeficient	,1595991		
Cramér. V	,1616714		

1) H_0: Frekvence konzumace potravin a nápojů s obsahem náhradních sladidel není závislá na pohlaví.
   H_1: Frekvence konzumace potravin a nápojů s obsahem náhradních sladidel je závislá na pohlaví.
2) $\alpha = 0,05$
3) Chí-kvadrát test pro kontingenční tabulku
4) $p = 0,30049 > \alpha$ → nelze zamítnout nulovou hypotézu
5) Frekvence konzumace potravin a nápojů s obsahem náhradních sladidel není závislá na pohlaví.

Graf č. 13 ukazuje procenta respondentů žvýkajících a nežvýkajících žvýkačky oslazené náhradními sladidly a procenta respondentů, kteří nevědí, zda takové žvýkačky žvýkají.



Graf č. 13: Konzumace žvýkaček oslazených náhradními sladidly

Tabulka č. 8 je kontingenční tabulka znázorňující počty žen a mužů, kteří konzumují, nekonzumují, nebo nevědí či nesledují, zda konzumují žvýkačky s přídavkem náhradních sladidel.

Tabulka č. 8: Konzumace žvýkaček oslazených náhradními sladidly v závislosti na pohlaví

Pohlaví	2-rozměrná tabulka: Pozorované četnosti (žvýkačky) Četnost označených buněk > 10			
	Odpověď ano	Odpověď ne	Odpověď nevím, nesleduji to	Řádk. součty
žena	26	21	9	56
muž	14	12	10	36
Celk.	40	33	19	92

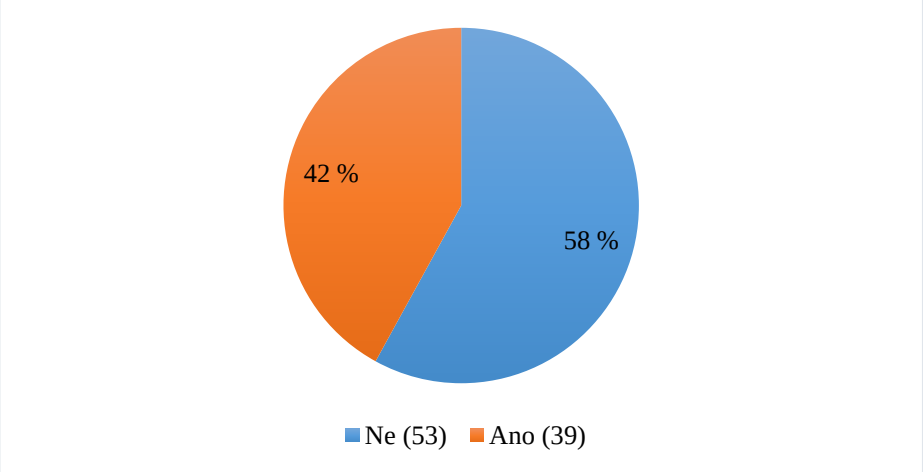
Z Tabulky č. 9 lze vyvodit závěr, že konzumace žvýkaček oslazených náhradními sladidly není závislá na pohlaví, protože p> 0,05.

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

Statist.	Statist. : Pohlaví(2) x Odpověď(3) (žvýkačky)		
	Chí-kvadr.	sv	p
Pearsonův chí-kv.	1,846620	df=2	p=,39720
M-V chí-kvadr.	1,811880	df=2	p=,40416
Fí	,1416755		
Kontingenční koeficient	,1402747		
Cramér. V	,1416755		

1) H_0: Konzumace žvýkaček oslazených náhradními sladidly není závislá na pohlaví.
   H_1: Konzumace žvýkaček oslazených náhradními sladidly je závislá na pohlaví.
2) $\alpha = 0,05$
3) Chí-kvadrát test pro kontingenční tabulku
4) $p = 0,39720 > \alpha$ → nelze zamítnout nulovou hypotézu
5) Konzumace žvýkaček oslazených náhradními sladidly není závislá na pohlaví.

Z Grafu č. 14 je zřejmé, že větší část respondentů stolní náhradní sladidla nepoužívá a menší část respondentů je například k oslazení kávy nebo na pečení používá.



Graf č. 14: Používání stolních náhradních sladidel

Tabulka č. 10 je asociační tabulka, která ukazuje, kolik žen a mužů používá stolní náhradní sladidla a kolik nikoliv. Z tabulky lze vyvodit, že stolní náhradní sladidla častěji používají ženy než muži.

Tabulka č. 10: Používání stolních náhradních sladidel v závislosti na pohlaví

Pohlaví	2-rozměrná tabulka: Pozorované četnosti (stolní sladidla) Četnost označených buněk > 10		
	Odpověď ano	Odpověď ne	Řádk. součty
žena	28	28	56
muž	11	25	36
Celk.	39	53	92

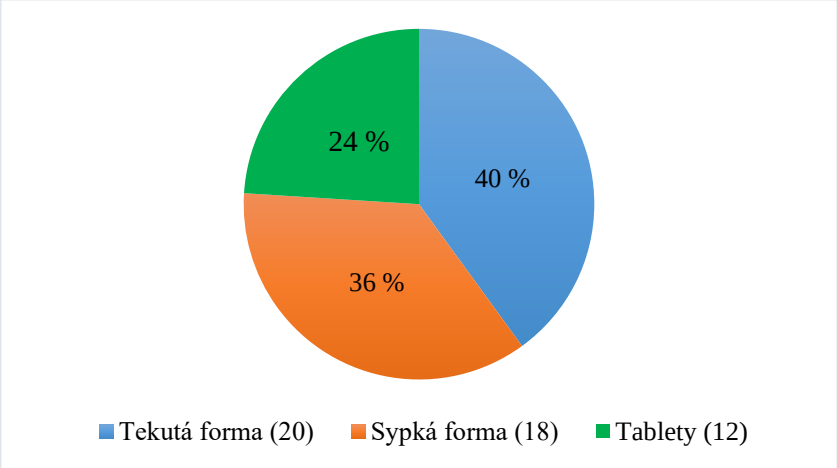
Z Tabulky č. 11 lze vyčíst, že používání stolních náhradních sladidel není závislé na pohlaví (p> 0,05).

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

Statist.	Statist. : Pohlaví(2) x Odpověď(2) (stolní sladidla)		
	Chí-kvadr.	sv	p
Pearsonův chí-kv.	3,392571	df=1	p=,06549
M-V chí-kvadr.	3,451986	df=1	p=,06318
Fí pro tabulky 2 x 2	,1920307		
Tetrachorická korelace	,3061463		
Kontingenční koeficient	,1885850		

1) H_0: Používání stolních náhradních sladidel není závislé na pohlaví.
   H_1: Používání stolních náhradních sladidel je závislé na pohlaví.
2) $\alpha = 0,05$
3) Chí-kvadrát test pro asociační tabulku
4) $p = 0,06549 > \alpha$ → nelze zamítnout nulovou hypotézu
5) Používání stolních náhradních sladidel není závislé na pohlaví.

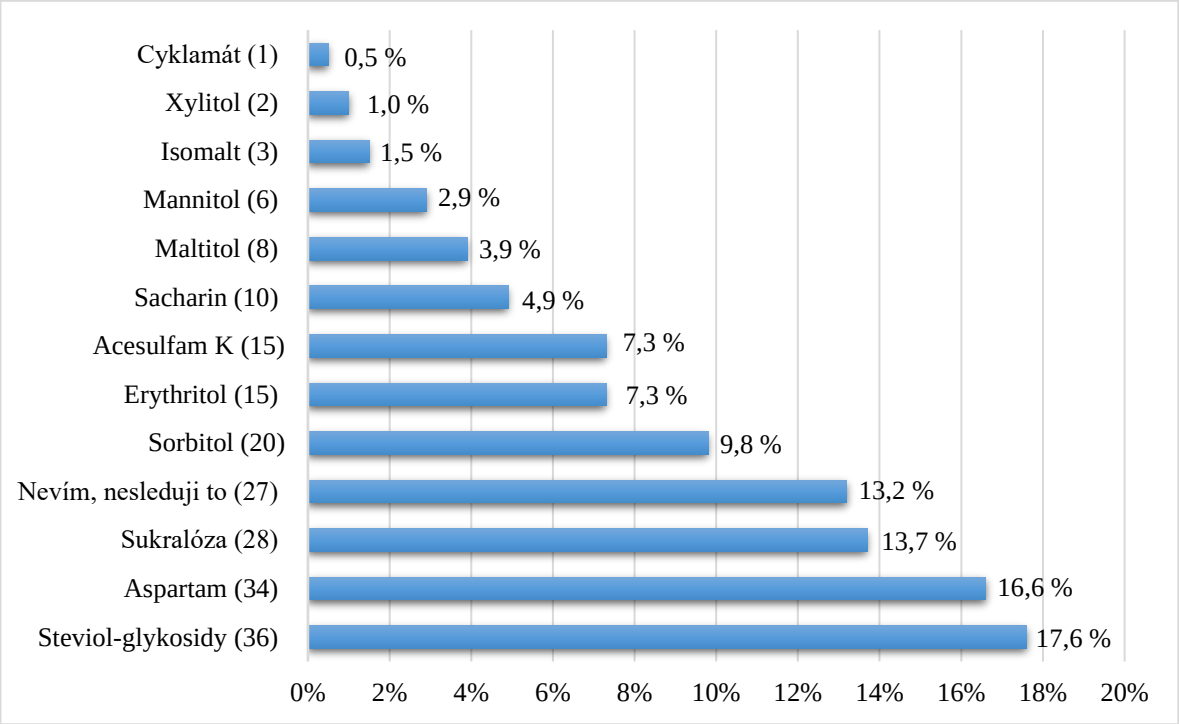
Co se týče formy používaného stolního náhradního sladidla, na Grafu č. 15 lze vidět, že nejvíce respondentů zvolilo, že používá tekutou a sypkou formu. Méně oblíbené zůstaly tablety.



Graf č. 15: Používané formy stolních náhradních sladidel

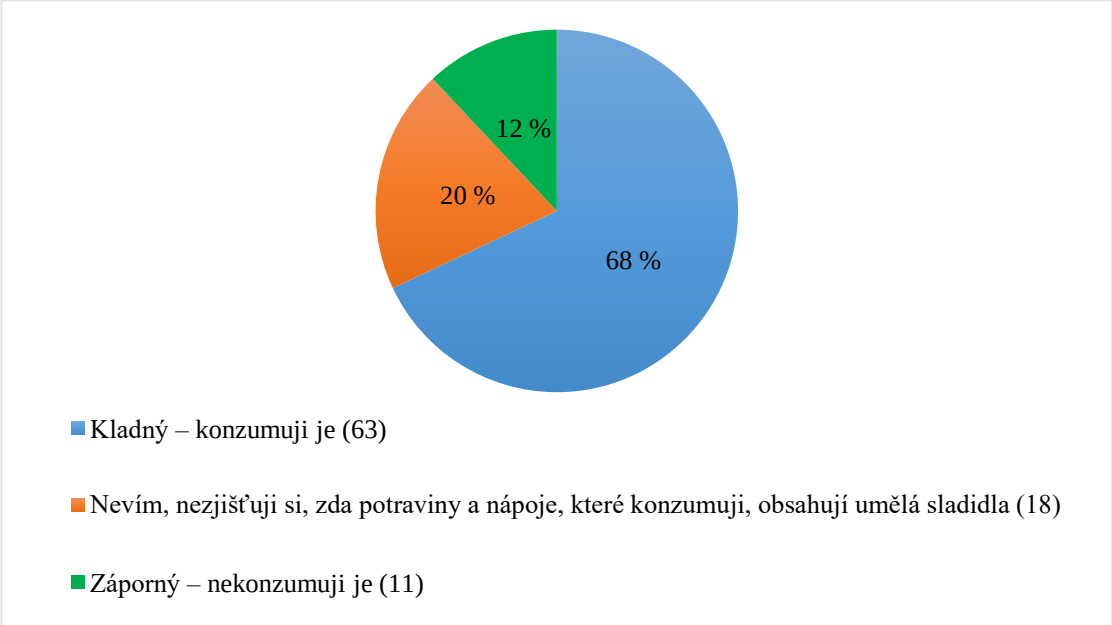
Jako nejčastěji konzumovaná náhradní sladidla byly zvoleny steviol-glykosidy, aspartam a sukralóza. Z cukerných alkoholů se jednalo zejména o sorbitol a erythritol.

Relativně velká část spotřebitelů nesleduje, jaká konkrétní náhradní sladidla konzumuje. Seznam konzumovaných náhradních sladidel s jejich procentuálním zastoupením zobrazuje Graf č. 16. Žádný z respondentů nezmínil, že by konzumoval thaumatin, neohesperidin dihydrochalkon, laktitol, advantam, nebo neotam.



Graf č. 16: Konzumovaná náhradní sladidla

Graf č. 17 podává informace o tom, jaký vztah zaujímají respondenti k umělým sladidlům.



Graf č. 17: Vztah k umělým sladidlům

Tabulka č. 12 je kontingenční tabulka, která ukazuje, kolik žen a mužů má k umělým sladidlům kladný vztah, kolik z nich si k umělým sladidlům udržuje záporný vztah a kolik z nich neví, jaký k nim zaujímají vztah.

Tabulka č. 12: Vztah k umělým sladidlům v závislosti na pohlaví

Pohlaví	2-rozměrná tabulka: Pozorované četnosti (vztah) Četnost označených buněk > 10			
	Odpověď kladný	Odpověď záporný	Odpověď nevím	Řádk. součty
žena	40	8	8	56
muž	24	3	9	36
Celk.	64	11	17	92

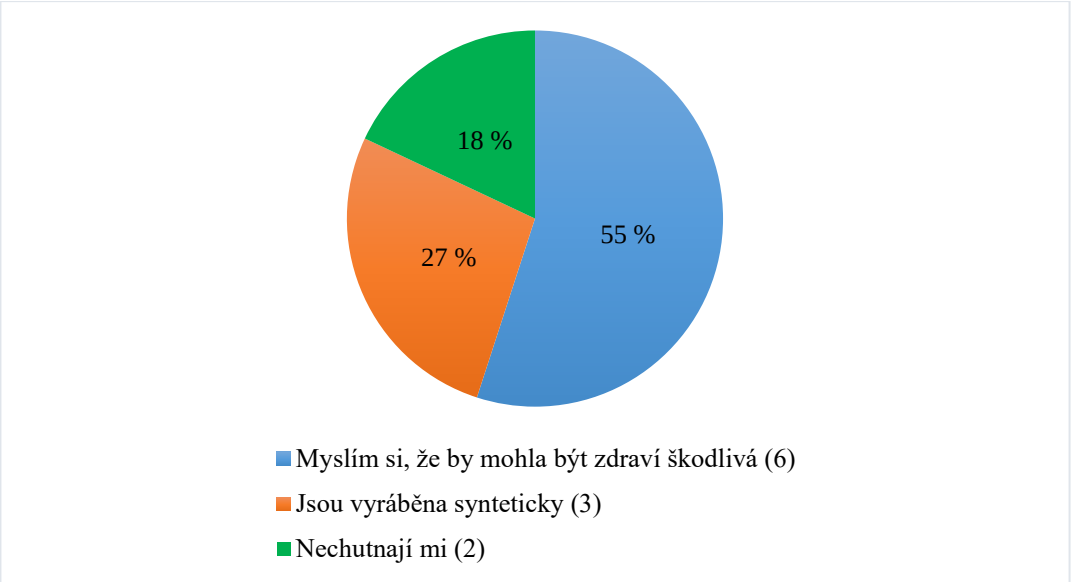
Jelikož p> 0,05 (viz Tabulka č. 13), lze konstatovat, že vztah k umělým sladidlům není závislý na pohlaví.

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

Statist.	Statist. : Pohlaví(2) x Odpověď(3) (vztah)		
	Chí-kvadr.	sv	p
Pearsonův chí-kv.	2,082124	df=2	p=,35308
M-V chí-kvadr.	2,077147	df=2	p=,35396
Fí	,1504386		
Kontingenční koeficient	,1487646		
Cramér. V	,1504386		

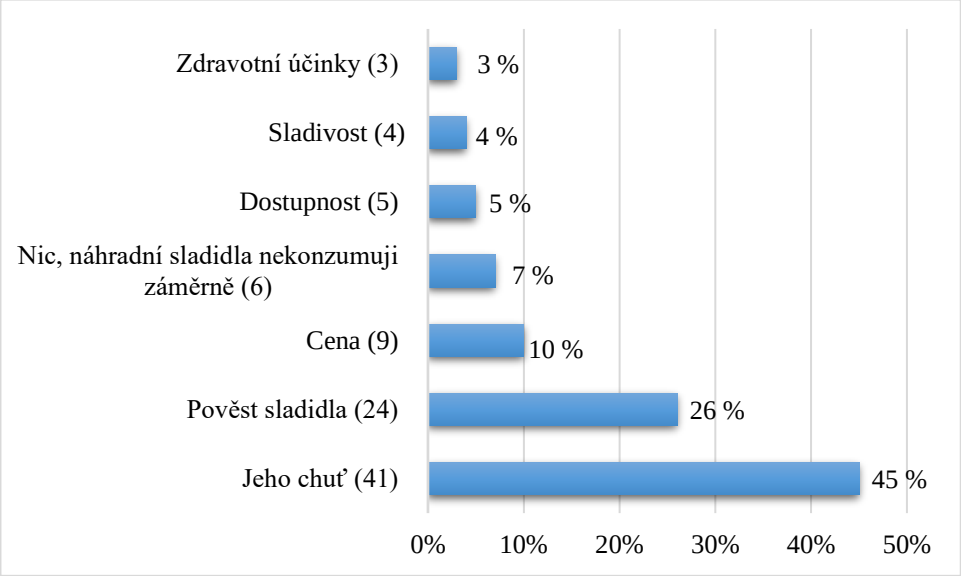
1) H_0: Vztah k umělým sladidlům není závislý na pohlaví.
   H_1: Vztah k umělým sladidlům je závislý na pohlaví.
2) $\alpha = 0,05$
3) Chí-kvadrát test pro kontingenční tabulku
4) $p = 0,35308 > \alpha$ → nelze zamítnout nulovou hypotézu
5) Vztah k umělým sladidlům není závislý na pohlaví.

Z Grafu č. 18 je zřejmé, že respondenti, kteří se vyhýbají konzumaci umělých sladidel, je nekonzumují nejčastěji proto, že si myslí, že by mohla být zdraví škodlivá. Jiným respondentům se nelíbí jejich syntetický původ, případně jim nechutnají.



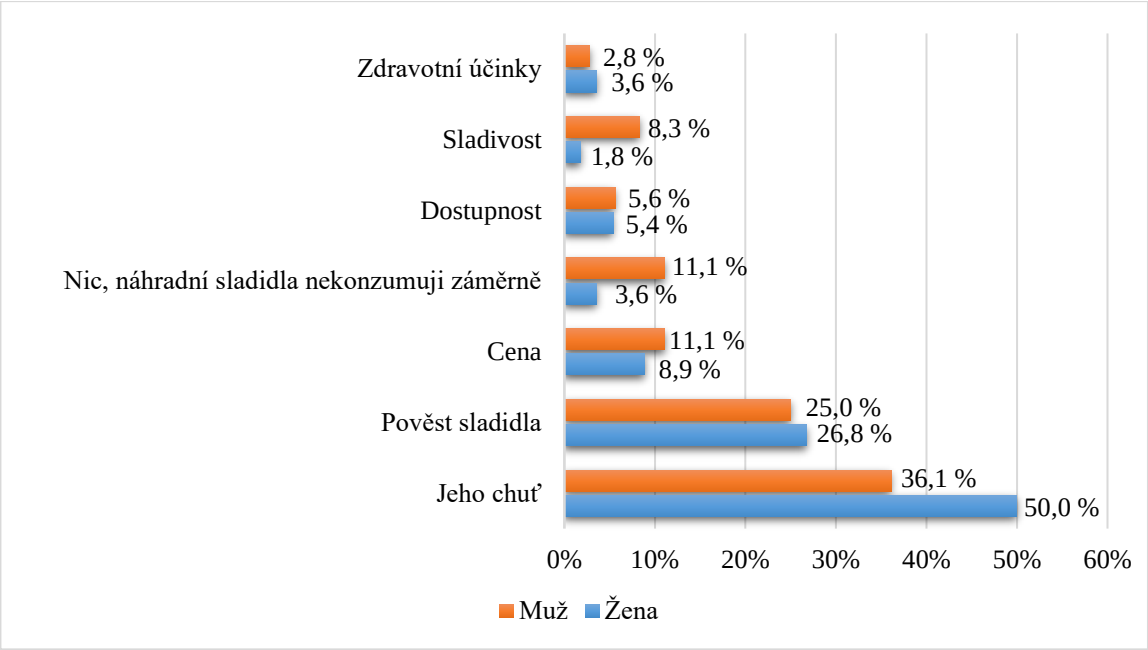
Graf č. 18: Důvody vyhýbání se konzumaci umělých sladidel

Nejčastěji voleným kritériem při výběru náhradního sladidla byla jeho chuť (45 %). Respondenty mnohdy zajímala také pověst sladidla. Zbylá kritéria lze vyčíst z grafu č. 19.



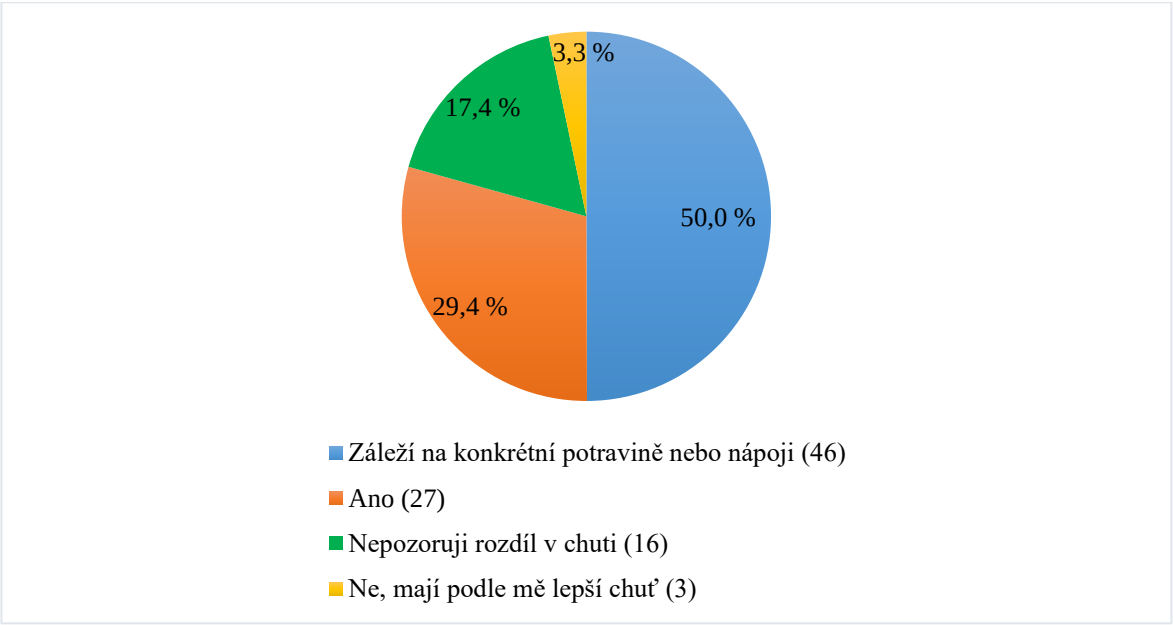
Graf č. 19: Rozhodující kritéria při výběru náhradního sladidla

Hlavním kritériem pro výběr náhradního sladidla byla jeho chuť jak pro muže (36,1 %), tak pro ženy (50 %). Pro muže byla dále důležitá pověst sladidla, ale i jeho cena a sladivost. Ženy označovaly za hlavní kritéria často také pověst sladidla, jeho cenu a dostupnost (viz Graf č. 20).



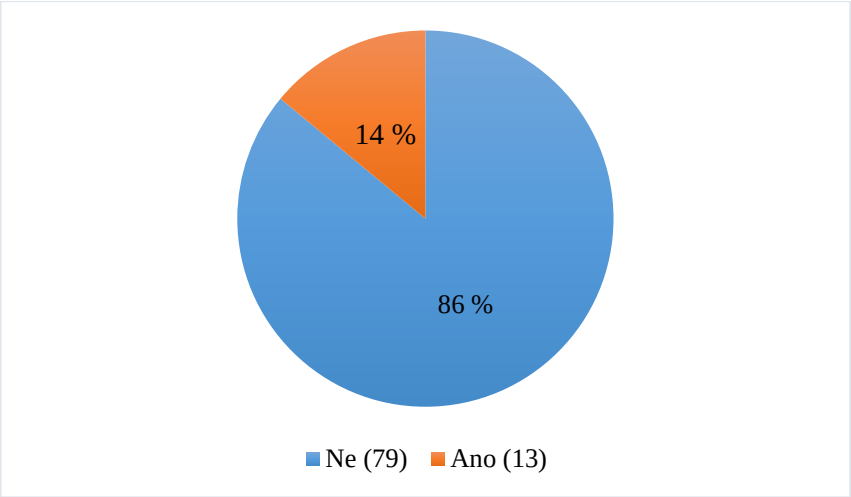
Graf č. 20: Rozhodující kritéria při výběru náhradního sladidla pro muže a ženy

Z Grafu č. 21 lze vyčíst, že chuť potravin a nápojů oslazených náhradními sladidly závisí zejména na konkrétní potravině nebo nápoji. Některým respondentům chutnají lépe potraviny a nápoje oslazené cukrem, případně nepozorují žádný rozdíl v chuti. Malému procentu respondentů chutnají potraviny a nápoje oslazené náhradními sladidly více.



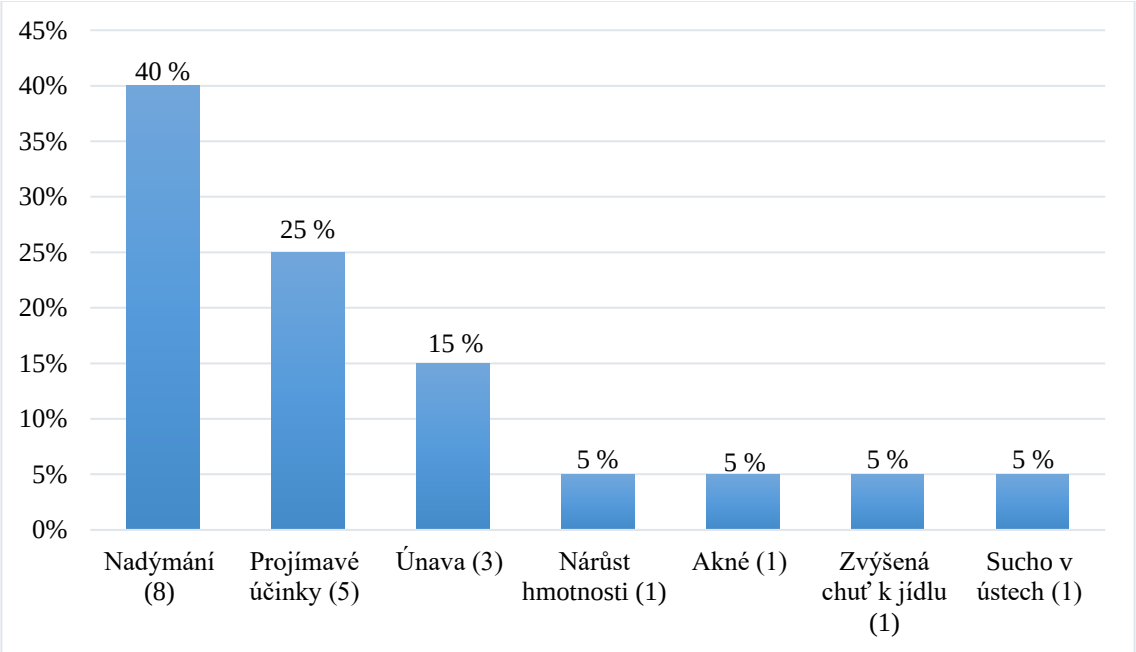
Graf č. 21: Odpověď na otázku, zda jsou pro respondenty potraviny a nápoje obsahující náhradní sladidla méně chutné než potraviny a nápoje obsahující cukr

Většina respondentů na sobě nepozoruje žádné vedlejší účinky při konzumaci náhradních sladidel, ale malá část respondentů některé vedlejší účinky zaznamenala (viz Graf č. 22).



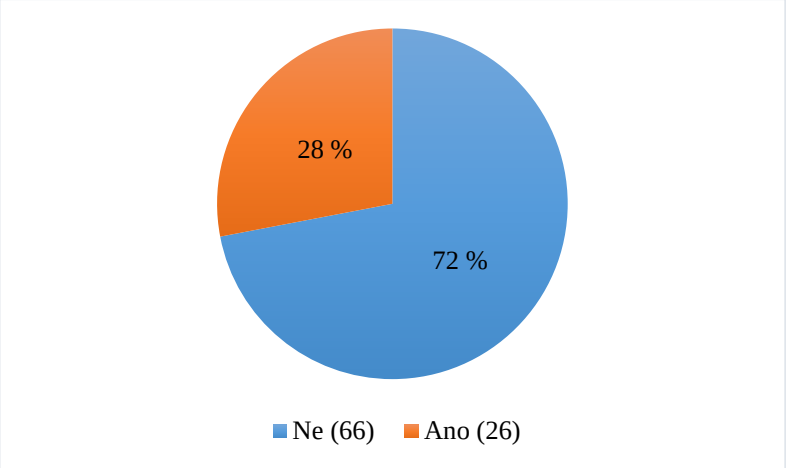
Graf č. 22: Zpozorování vedlejších účinků při konzumaci náhradních sladidel

Co se týče zpozorovaných vedlejších účinků, nejčastěji respondenti uváděli, že je trápí nadýmání a projímavé účinky. Další vedlejší účinky a jejich procentuální zastoupení ukazuje Graf č. 23.



Graf č. 23: Vedlejší účinky při konzumaci náhradních sladidel

Z hlediska vzdělávání se v oblasti náhradních sladidel převažují respondenti, kteří se nevzdělávají. Více než čtvrtina respondentů si ale informace o sladidlech zjišťuje (viz Graf č. 24).



Graf č. 24: Vzdělávání se v oblasti náhradních sladidel

Tabulka č. 14 je asociační tabulka, která ukazuje, kolik žen a mužů se vzdělává v oblasti náhradních sladidel, a kolik nikoliv.

Tabulka č. 14: Vzdělávání se v oblasti náhradních sladidel v závislosti na pohlaví

Pohlaví	2-rozměrná tabulka: Pozorované četnosti (nova infa) Četnost označených buněk > 10		
	Odpověď ano	Odpověď ne	Řádk. součty
žena	16	40	56
muž	10	26	36
Celk.	26	66	92

Z Tabulky č. 15 lze vyčíst, že p> 0,05. Vyplývá z toho, že vzdělávání se v oblasti náhradních sladidel není závislé na pohlaví.

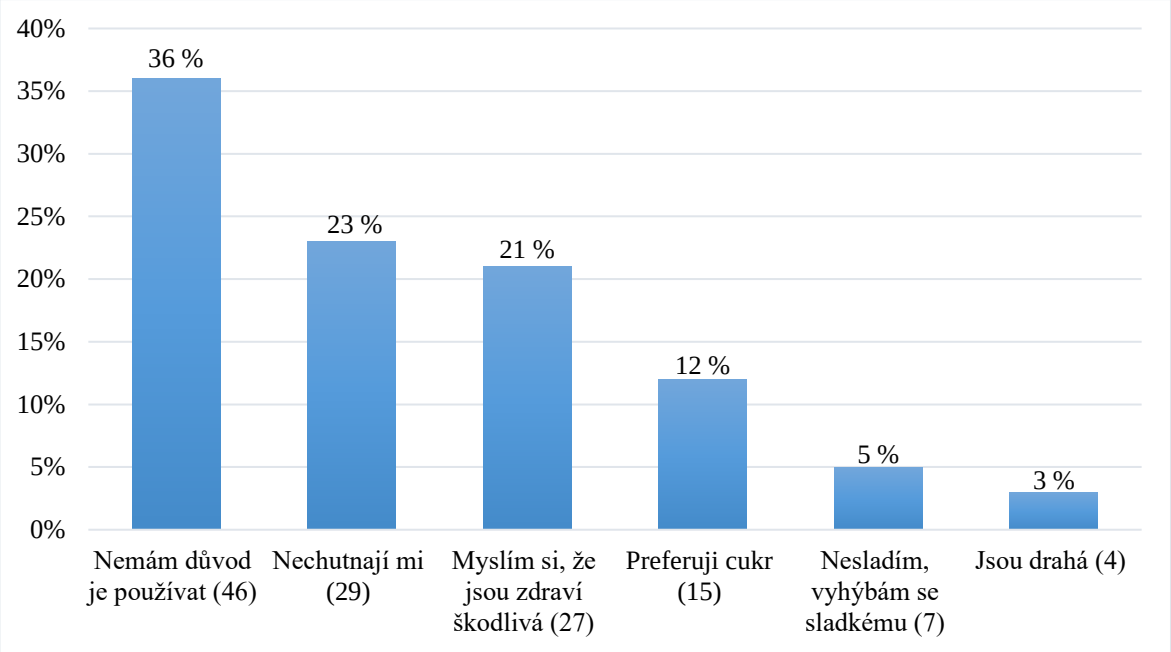
Tabulka č. 15: Statistické vyhodnocení dat z Tabulky č. 14

Statist.	Statist. : Pohlaví(2) x Odpověď(2) (nova infa)		
	Chí-kvadr.	sv	p
Pearsonův chí-kv.	,0068080	df=1	p=,93424
M-V chí-kvadr.	,0068166	df=1	p=,93420
Fí pro tabulky 2 x 2	,0086023		
Tetrachorická korelace	,0145737		
Kontingenční koeficient	,0086020		

1) H_0: Vzdělávání se v oblasti náhradních sladidel není závislé na pohlaví.
   H_1: Vzdělávání se v oblasti náhradních sladidel je závislé na pohlaví.
2) $\alpha = 0,05$
3) Chí-kvadrát test pro asociační tabulku
4) $p = 0,93424 > \alpha$ → nelze zamítnout nulovou hypotézu
5) Vzdělávání se v oblasti náhradních sladidel není závislé na pohlaví.

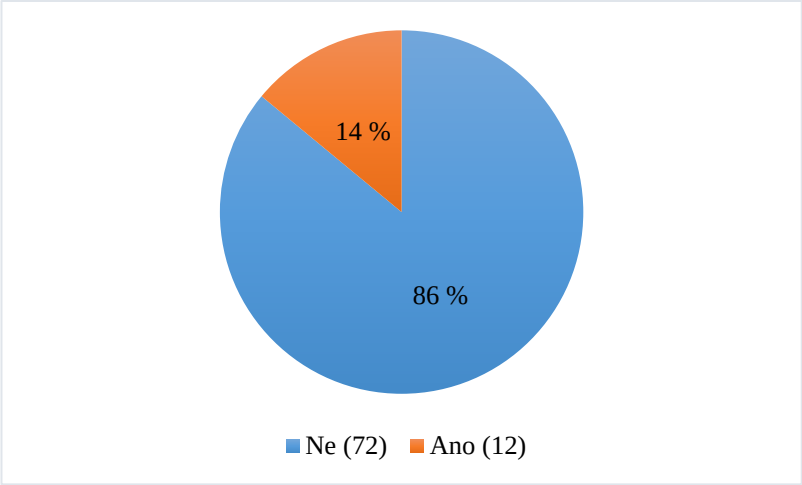
5.1.2.2 Otázky týkající se pouze respondentů, kteří nekonzumují potraviny nebo nápoje obsahující náhradní sladidla

Respondenti nekonzumují potraviny nebo nápoje obsahující náhradní sladidla zejména proto, že nemají žádný důvod je používat. Častými důvody bývá také to, že jim nechutnají, nebo se domnívají, že by mohla být zdraví škodlivá. Tyto a další důvody ukazuje graf č. 25.



Graf č. 25: Důvody vyhýbání se náhradním sladidlům

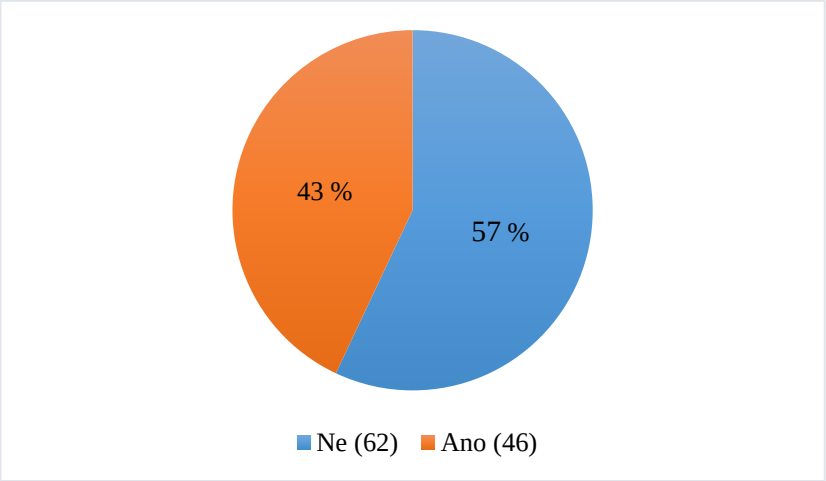
Většina respondentů, kteří náhradní sladidla nekonzumují, se ani v budoucnu nechystá začít s konzumací potravin nebo nápojů oslazených náhradními sladidly. 14 % o jejich užívání v budoucí době uvažuje (viz Graf č. 26).



Graf č. 26: Uvažování o konzumaci náhradních sladidel v budoucí době

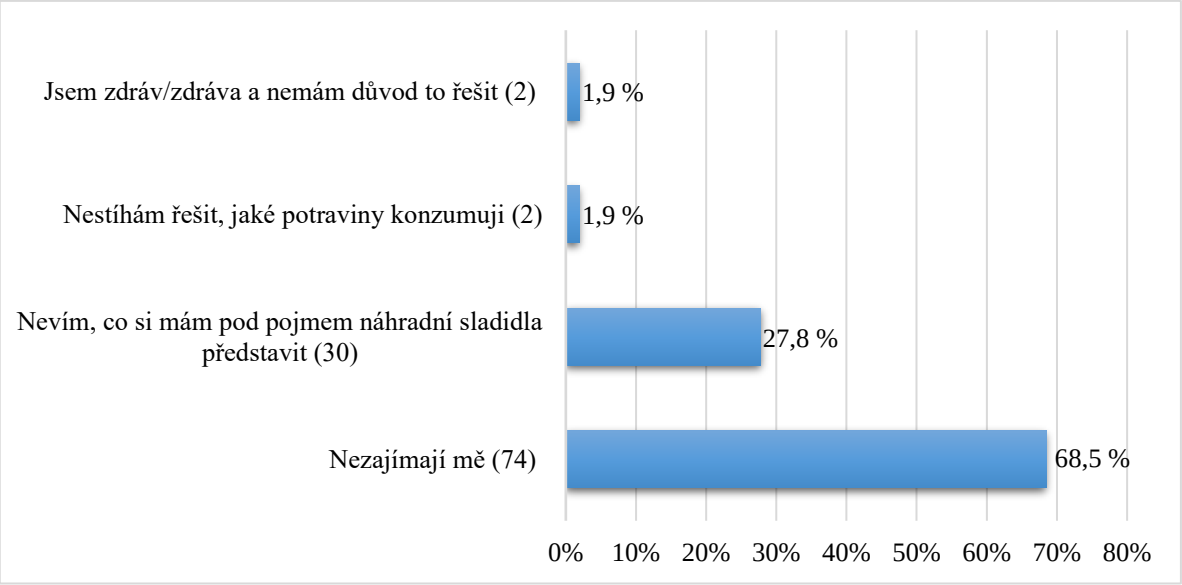
5.1.2.3 Otázky týkající se pouze respondentů, kteří nevědí či nesledují, zda konzumují potraviny nebo nápoje obsahující náhradní sladidla

U větší části respondentů se diabetes mellitus I. nebo II. typu v rodině nevyskytuje, ale 43 % respondentů má v rodině alespoň jednoho diabetika (viz Graf č. 27).



Graf č. 27: Výskyt diabetu mellitu I. nebo II. typu u rodinných příslušníků respondentů, kteří nevědí nebo nesledují, zda konzumují náhradní sladidla

Největší část respondentů se nezabývá tím, zda konzumuje potraviny nebo nápoje oslazené náhradními sladidly z toho důvodu, že je zkrátka nezajímají. Více než čtvrtina respondentů neví, co si má pod pojmem náhradní sladidla představit. Zbylé důvody a jejich procentuální zastoupení zobrazuje Graf č. 28.

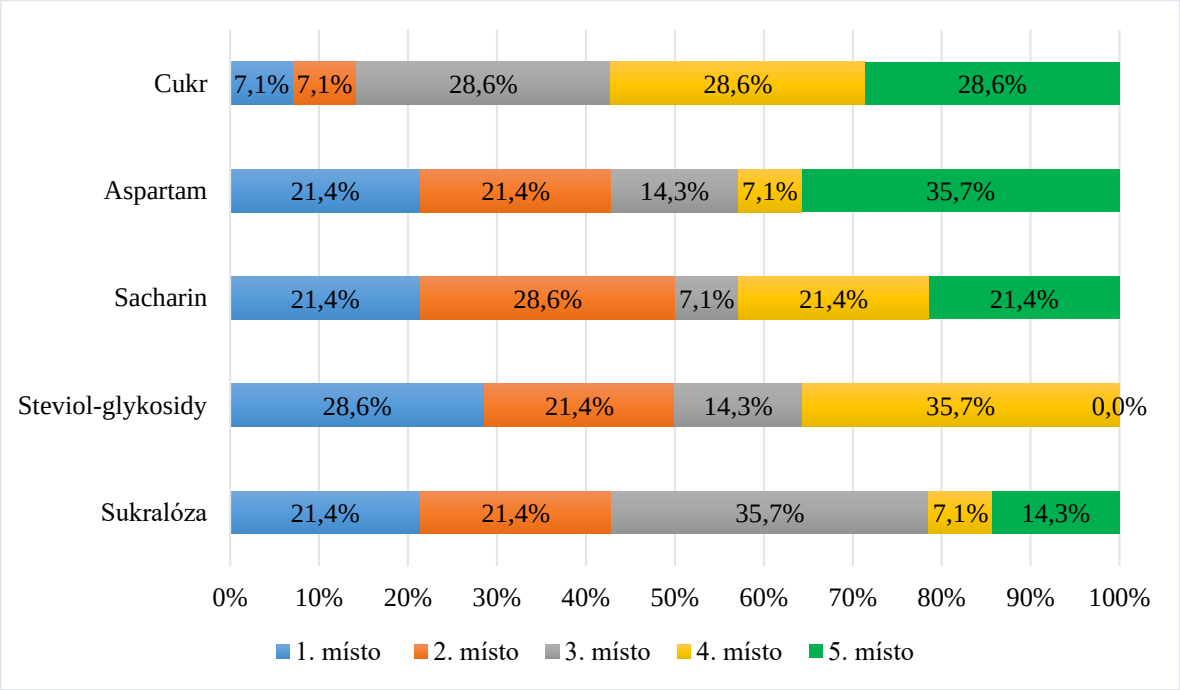


Graf č. 28: Důvod nezabývání se konzumací náhradních sladidel

5.2 Výsledky senzorické analýzy

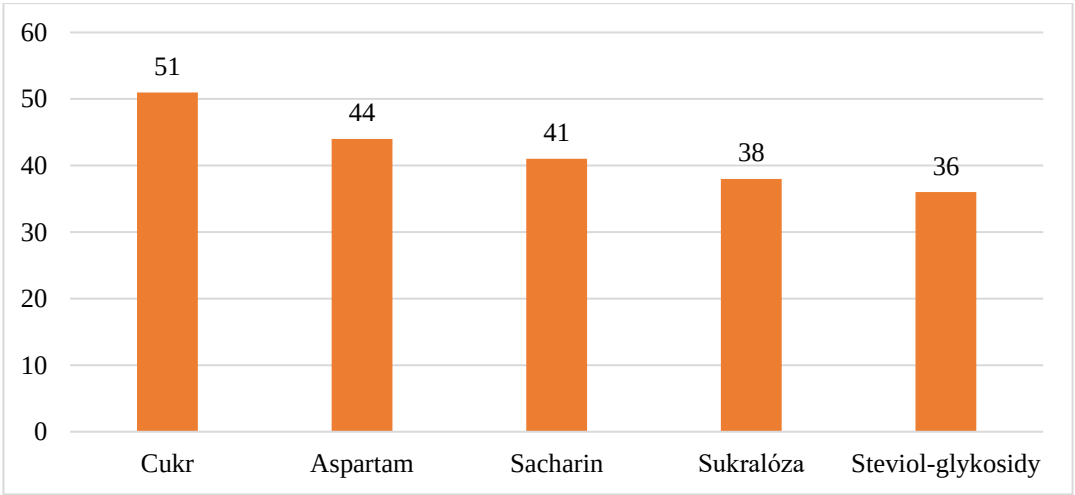
5.2.1 Výsledky pořadové preferenční zkoušky

Z Grafu č. 29 lze vyčíst, že na 5. místě značícím vzorek s nejvíce preferovanou chutí se nejčastěji umísťoval aspartam. 4. místo zaujímaly zejména steviol-glykosidy, 3. místo sukralóza, 2. místo sacharin a 1. místo, tedy vzorek s nejméně preferovanou chutí, opět steviol-glykosidy. Cukr byl volen na 1. a 2. místě nejméně často, naopak 3., 4. a 5. místo zaujímal velmi frekventovaně, což značí oblíbenost jeho chuti.



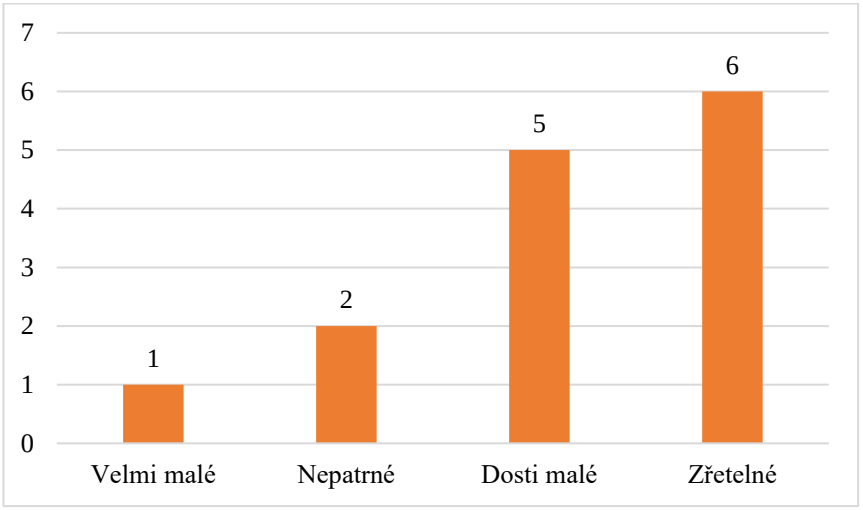
Graf č. 29: Procentuální vyjádření četností umístění sladidel

Graf č. 30 ukazuje součty pořadí jednotlivých vzorků nutných pro vyhodnocení Friedmanova testu. Lze vidět, že cukr získal nejvíce bodů, tedy byl hodnocen nejlépe. Steviol-glykosidy se objevovaly na posledních místech nejčastěji, a proto měly v součtu nejméně bodů.



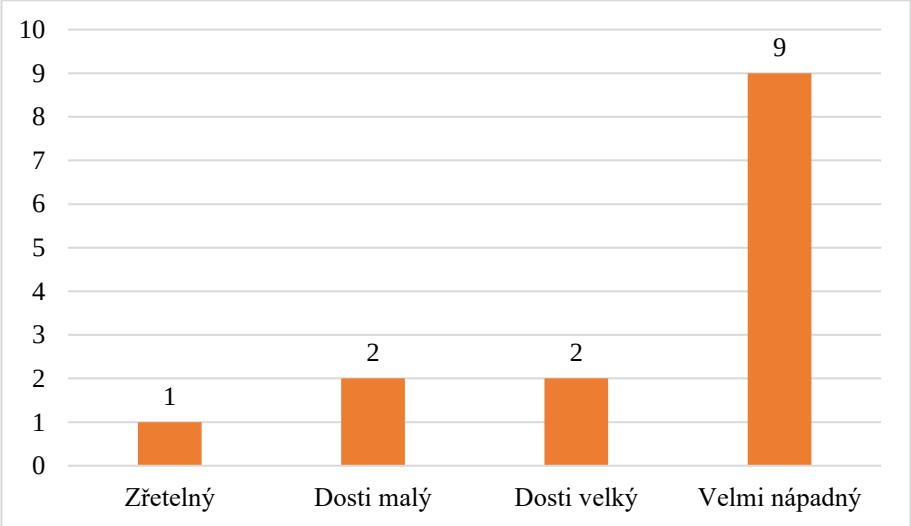
Graf č. 30: Součty pořadí jednotlivých vzorků

Nejčastěji hodnotitelé volili, že průměrné rozdíly mezi sousedními vzorky byly zřetelné, případně dosti malé. Několik hodnotitelů zmínilo, že rozdíly se jevily jako nepatrné, nebo velmi malé (viz Graf č. 31).



Graf č. 31: Průměrné rozdíly mezi sousedními vzorky

Jak zobrazuje Graf č. 32, většina hodnotitelů sdělila, že rozdíl mezi prvním a posledním vzorkem byl velmi nápadný. Jen malé části hodnotitelů připadaly rozdíly dosti velké, dosti malé, nebo zřetelné.



Graf č. 32: Rozdíl mezi prvním a posledním vzorkem

Pro zjištění existence rozdílů mezi vzorky byl použit Friedmanův test, podle kterého na hladině pravděpodobnosti α = 0,05 mezi jednotlivými vzorky sladidel neexistují statisticky významné rozdíly, protože:

$$F = \frac{12}{14*5(5+1)} (51^2 + 44^{2\,+} 41^2 + 36^{2\,+} 38^2) - 3*14(5 + 1) = 3{,}94$$

F_{krit} = 9,32 (pro 14 hodnotitelů a 5 vzorků na hladině významnosti α = 0,05)
3,94 < 9,32; tedy F < F_{krit} a mezi vzorky neexistují statisticky významné rozdíly.

5.2.2 Výsledky senzorického profilu chuti

Tabulka č. 16 ukazuje průměrné hodnoty celkové příjemnosti chuti, intenzity sladké chuti a intenzity pachuti pro jednotlivá sladidla a Tabulka č. 17 udává směrodatné odchylky pro celkovou příjemnost chuti, intenzitu sladké chuti a intenzitu pachuti sladidel. Tyto hodnoty jsou důležité ke statistickému vyhodnocení senzorického profilu chuti.

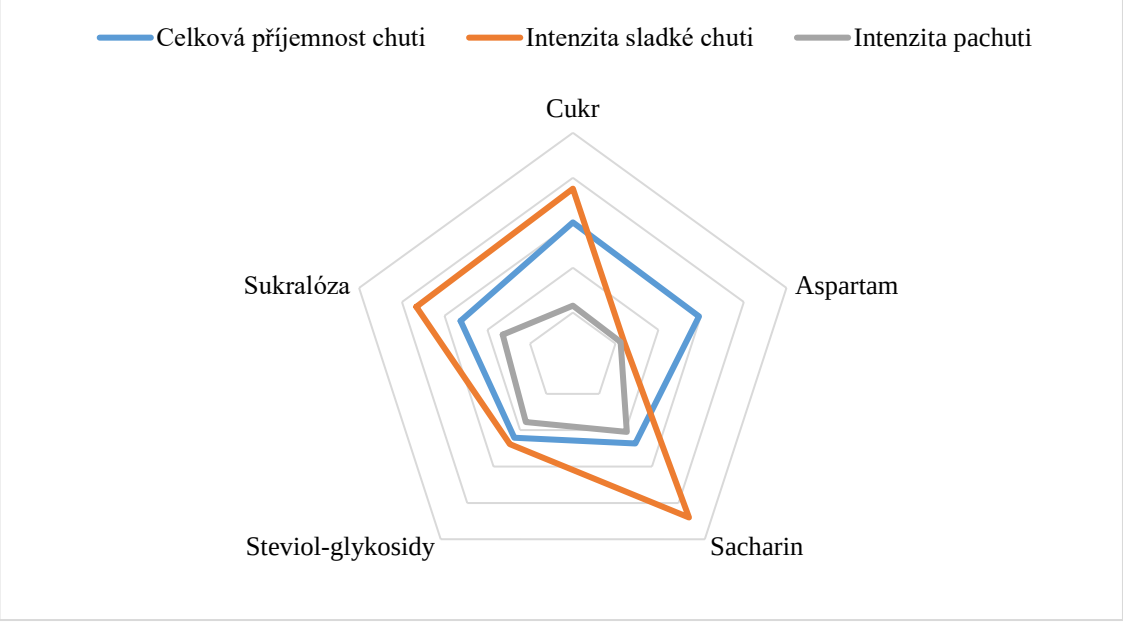
Tabulka č. 16: Průměr z hodnot pro jednotlivá sladidla

Parametry	Cukr	Aspartam	Sacharin	Steviol-glykosidy	Sukralóza
Celková příjemnost chuti	60,14	59,07	47,29	44,21	52,50
Intenzita sladké chuti	75,14	23,86	88,00	47,64	73,21
Intenzita pachuti	23,07	22,43	40,93	35,57	32,79

Tabulka č. 17: Směrodatná odchylka z hodnot pro jednotlivá sladidla

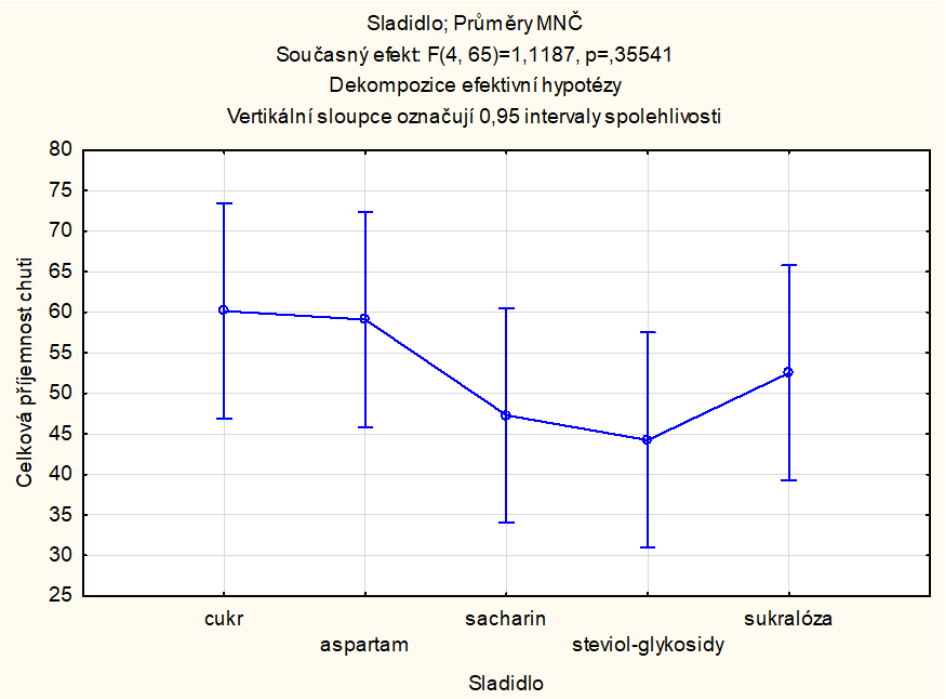
Parametry	Cukr	Aspartam	Sacharin	Steviol-glykosidy	Sukralóza
Celková příjemnost chuti	26,15	22,22	32,52	22,56	18,52
Intenzita sladké chuti	11,16	13,63	12,06	19,95	16,88
Intenzita pachuti	18,17	15,99	31,15	24,00	18,28

Na Grafu č. 33 lze vidět průměrné hodnoty celkové příjemnosti chuti, intenzity sladké chuti a intenzity pachuti. Z grafu lze vyčíst, že nejlepších hodnot celkové příjemnosti chuti dosáhla sladidla cukr a aspartam. Steviol-glykosidy a sacharin byly zvoleny v průměru za nejméně chutné. Co se týče intenzity sladké chuti, nejsladší byl jednoznačně sacharin a jako nejméně sladký se jevil aspartam. Intenzitu pachuti měl nejsilnější sacharin, dále také steviol-glykosidy. Nejslabší intenzita pachuti byla zaznamenána u aspartamu a cukru, což těmto dvěma sladidlům zřejmě pomohlo k dosažení lepšího hodnocení celkové příjemnosti chuti.



Graf č. 33: Průměrné hodnoty jednotlivých parametrů zobrazených na pavučinovém grafu

Výstupy jednofaktorové ANOVY pro celkovou příjemnost chuti jednotlivých sladidel lze vidět na Grafu č. 34 a v Tabulce č. 18. Výsledky ukazují, že neexistuje statisticky významný rozdíl v celkové příjemnosti chuti mezi sladidly.



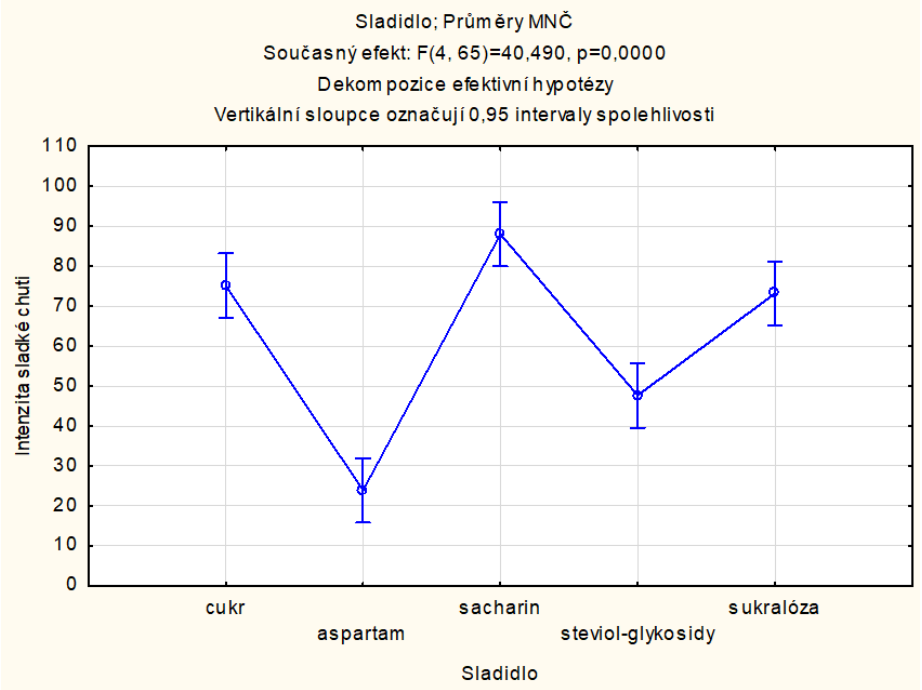
Graf č. 34: Porovnání průměrné celkové příjemnosti chuti jednotlivých sladidel

Tabulka č. 18: Vyhodnocení jednofaktorové ANOVY pro celkovou příjemnost chuti sladidel

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro Celková příjemnost chuti (Sladidla ANOVA) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	193988,9	1	193988,9	314,2002	0,000000
Sladidlo	2762,7	4	690,7	1,1187	0,355410
Chyba	40131,4	65	617,4		

1) H_0: Neexistuje statisticky významný rozdíl v celkové příjemnosti chuti mezi sladidly.
   H_1: Existuje statisticky významný rozdíl v celkové příjemnosti chuti mezi sladidly.
2) $\alpha = 0,05$
3) Jednofaktorová ANOVA, vyvážený model
4) $p = 0,355410 > \alpha \rightarrow$ nelze zamítnout nulovou hypotézu
5) Neexistuje statisticky významný rozdíl v celkové příjemnosti chuti mezi sladidly.

Graf č. 35 a Tabulka č. 19 zobrazují výstupy jednofaktorové ANOVY pro intenzitu sladké chuti jednotlivých sladidel. Tabulka č. 20 ukazuje výsledky Scheffého testu. Lze konstatovat, že existuje statisticky významný rozdíl v intenzitě sladké chuti mezi vybranými sladidly (cukr a aspartam, cukr a steviol-glykosidy, aspartam a sacharin, aspartam a steviol-glykosidy, aspartam a sukralóza, sacharin a steviol-glykosidy a steviol-glykosidy a sukralóza).



Graf č. 35: Porovnání průměrné intenzity sladké chuti jednotlivých sladidel

Tabulka č. 19: Vyhodnocení jednofaktorové ANOVY pro intenzitu sladké chuti sladidel

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro Intenzita sladké chuti (Sladidla ANOVA) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	265372,9	1	265372,9	1165,253	0,00
Sladidlo	36884,1	4	9221,0	40,490	0,00
Chyba	14803,0	65	227,7		

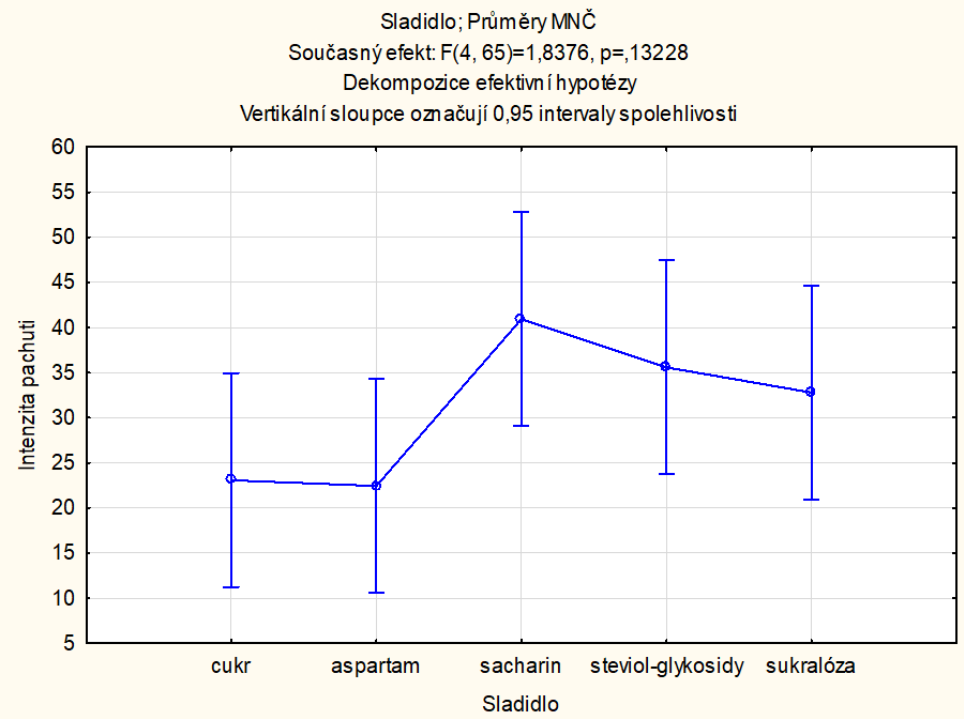
Tabulka č. 20: Vyhodnocení Scheffého testu pro intenzitu sladké chuti sladidel

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná Intenzita sladké chuti (Sladidla ANOVA) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 227,74, sv = 65,000					
	Sladidlo	1 75,143	2 23,857	3 88,000	4 47,643	5 73,214
1	cukr		0,000000	0,290760	0,000463	0,998383
2	aspartam	0,000000		0,000000	0,003542	0,000000
3	sacharin	0,290760	0,000000		0,000000	0,165336
4	steviol-glykosidy	0,000463	0,003542	0,000000		0,001366
5	sukralóza	0,998383	0,000000	0,165336	0,001366	

1) H_0: Neexistuje statisticky významný rozdíl v intenzitě sladké chuti mezi sladidly.
   H_1: Existuje statisticky významný rozdíl v intenzitě sladké chuti mezi sladidly.
2) $\alpha = 0,05$
3) Jednofaktorová ANOVA, vyvážený model
4) $p = 0,00 < \alpha$ → zamítám nulovou hypotézu → Scheffého test
5) Neexistuje statisticky významný rozdíl v intenzitě sladké chuti mezi cukrem a sacharinem, cukrem a sukralózou a sacharinem a sukralózou.

Existuje statisticky významný rozdíl v intenzitě sladké chuti mezi cukrem a aspartamem, cukrem a steviol-glykosidy, aspartamem a sacharinem, aspartamem a steviol-glykosidy, aspartamem a sukralózou, sacharinem a steviol-glykosidy a steviol-glykosidy a sukralózou.

Výstupy jednofaktorové ANOVY pro intenzitu pachuti jednotlivých sladidel zobrazuje Graf č. 36 a Tabulka č. 21. Z výsledků jednofaktorové ANOVY lze usuzovat, že v intenzitě pachuti mezi sladidly neexistuje statisticky významný rozdíl.



Graf č. 36: Porovnání průměrné intenzity pachuti jednotlivých sladidel

Tabulka č. 21: Vyhodnocení jednofaktorové ANOVY pro intenzitu pachuti sladidel

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro Intenzita pachuti (Sladidla ANOVA) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	67084,13	1	67084,13	135,9966	0,000000
Sladidlo	3625,80	4	906,45	1,8376	0,132283
Chyba	32063,07	65	493,28		

1) H_0: Neexistuje statisticky významný rozdíl v intenzitě pachuti mezi sladidly.
   H_1: Existuje statisticky významný rozdíl v intenzitě pachuti mezi sladidly.
2) $\alpha = 0,05$
3) Jednofaktorová ANOVA, vyvážený model
4) $p = 0,132283 > \alpha \rightarrow$ nelze zamítnout nulovou hypotézu
5) Neexistuje statisticky významný rozdíl v intenzitě pachuti mezi sladidly.

5.2.3 Výsledky trojúhelníkové zkoušky

Ze 14 hodnotitelů k sobě 8 hodnotitelů přiřadilo správný pár vzorků, tedy cukr-cukr, nebo xylitol-xylitol. Zbylých 6 hodnotitelů k sobě přiřadilo vzorky nesprávně. Jednalo se buď o kombinaci cukr-xylitol, kde hodnotitelé označili za odlišný vzorek xylitol, nebo o kombinaci cukr-xylitol, kde hodnotitelé označili za odlišný vzorek cukr, podle kombinace, kterou dostali.

Na základě ČSN EN ISO 4120 jsem vyhodnotila, že mezi chutí xylitolu a sacharózy neexistuje statisticky významný rozdíl. Jak lze vidět v Tabulce č. 22, na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ je pro 14 hodnotitelů nutný minimální počet správných odpovědí 9. Výsledky mé senzorické analýzy ale ukazují, že pouze 8 hodnotitelů k sobě přiřadilo správné vzorky. Hypotézu č. 3 tedy nelze zamítnout.

Tabulka č. 22: Minimální počet správných odpovědí u trojúhelníkové zkoušky potřebných k potvrzení, že mezi vzorky existuje vnímatelný rozdíl, upraveno

Počet hodnotitelů	Počet správných odpovědí ($\alpha = 0,05$)
11	7
12	8
13	8
14	9
15	9

(ČSN EN ISO 4120 2009)

6 Diskuze

6.1 Dotazníkové šetření

Z výsledků svého dotazníkového šetření jsem zjistila, že potraviny nebo nápoje s obsahem náhradních sladidel konzumuje 32 % respondentů. Drewnowski & Rehm (2015) dospěli k podobným hodnotám. Také výsledky od International Food Information Council (2020) se příliš neliší. Ve studii zjistili, že přibližně 34 % respondentů konzumuje potravinářské výrobky s náhradními sladidly. Pielak et al. (2019) uvedli, že potraviny nebo nápoje s obsahem náhradních sladidel konzumuje téměř 40 % respondentů, což je vyšší hodnota, než vyšla mně. Jejich dotazníkového šetření se však zúčastnilo 2000 občanů Polské republiky, kdežto mého dotazníkového šetření se zúčastnilo 284 občanů České republiky. K podobným výsledkům jako Pielak et al. (2019) dospěli také ve studii Sylvetsky et al. (2017), kde 41 % respondentů uvedlo, že konzumuje potraviny nebo nápoje oslazené náhradními sladidly. Studie byla zaměřená na obyvatele Spojených států amerických, kde může představovat konzumace náhradních sladidel větší trend.

Sylvetsky et al. (2012) ve své studii postavené na výzkumném programu NHANES ukazují, že v roce 1999-2000 konzumovalo potraviny nebo nápoje oslazené náhradními sladidly 27 % amerických respondentů a v roce 2007-2008 konzumace stoupla na 32 %. Poslední data nasbíraná do roku 2016 ukazují, že 35 % amerických respondentů konzumuje potraviny nebo nápoje s náhradními sladidly (Hunt et al. 2020), což jsou podobné hodnoty, které vyšly v mém dotazníkovém šetření, tedy že 32 % českých respondentů konzumuje potraviny nebo nápoje obsahující náhradní sladidla. Drobné rozdíly mohou být způsobeny odlišnými stravovacími zvyklostmi amerických a českých občanů.

Mé výsledky ukazují, že potraviny nebo nápoje s obsahem náhradních sladidel konzumuje nepatrně více mužů než žen, kdežto Drewnowski & Rehm (2015) zjistili, že potraviny nebo nápoje oslazené náhradními sladidly konzumuje o něco více žen než mužů. Studie od Drewnowski & Rehm (2015) však data sbírala od roku 1999 do roku 2008 od obyvatel Spojených států amerických a disponovala mnohem větším a reprezentativnějším vzorkem populace (22 231 respondentů) pocházejícího z výzkumného programu NHANES. Novější údaje NHANES 2009-2010 ukazují podobnou spotřebu mezi oběma pohlavími (Sylvetsky & Rother 2016). Lze konstatovat, že potraviny nebo nápoje obsahující náhradní sladidla konzumují ženy i muži bez statisticky významných rozdílů a že konzumace náhradních sladidel není závislá na pohlaví, tedy že hypotéza č. 1 byla potvrzena.

Respondenti nejčastěji odpovídali, že hlavním důvodem, proč konzumují náhradní sladidla, je jejich nižší energetická hodnota ve srovnání s cukrem. Dalším důvodem bylo vyhýbání se cukru. International Food Information Council (2020) ukazuje, že respondenti zvolili za nejčastější důvod snahu o redukci hmotnosti, která je spojená s nižší energetickou hodnotou náhradních sladidel. Jako další důvod uváděli omezení konzumace cukru, stejně jako tomu bylo i v mých výsledcích. Rusek et al. (2017) jmenují podobné důvody. Jednalo se zejména o nižší energetickou hodnotu náhradních sladidel a výrobků oslazených těmito sladidly. Také Gardner et al. (2012) zjistili, že hlavními důvody jsou snížení celkové spotřeby kalorií a regulace hmotnosti.

Pomocí svého dotazníkového šetření jsem zjistila, že z respondentů konzumujících potraviny nebo nápoje obsahující náhradní sladidla je velmi často konzumuje 17 %, často 51 % a příležitostně 32 % respondentů. Pielak et al. (2019) dospěli k výsledkům, že 45 % respondentů konzumuje náhradní sladidla pravidelně a 55 % respondentů příležitostně. V mém dotazníkovém šetření měli respondenti na výběr ze 3 možností odpovědí a ve studii Pielak et al. (2019) jen ze 2 možností odpovědí, proto se výsledky obtížně porovnávají. Tao & Cho (2020) uvádějí, že náhradní sladidla konzumuje více než 3krát týdně 13 % respondentů, 1-2krát týdně 23 % respondentů, 2-3krát za měsíc 21 % respondentů a 43 % méně často, což nejsou příliš odlišné výsledky. Rusek et al. (2016) zjistili, že náhradní sladidla konzumuje velmi často 60 % polských respondentů, často 28 % polských respondentů a zbylí respondenti příležitostně. Odlišné výsledky mohou být způsobeny rozdílnými stravovacími návyky polských a českých respondentů. K podobným výsledkům jako Rusek et al. (2016) dospěli i ve studii Sylvetsky et al. (2017), kde více než polovina respondentů konzumovala náhradní sladidla denně. Protože se jednalo o obyvatele Spojených států amerických, opět předpokládám, že rozdíly jsou způsobeny odlišnými stravovacími zvyklostmi občanů různých zemí.

Výsledky mého dotazníkového šetření ukazují, že nejčastěji konzumovaným náhradním sladidlem se staly steviol-glykosidy (17,6 %). Dále se jednalo o aspartam (16,6 %), sukralózu (13,7 %) a sorbitol (9,8 %). Podobné výsledky uvádí Tao & Cho (2020), kteří zjistili, že respondenti nejčastěji uváděli steviol-glykosidy (19,8 %), aspartam (19 %) a sukralózu (19 %). Pielak et al. (2019) také dospěli k výsledku, že nejčastěji konzumovaným náhradním sladidlem jsou steviol-glykosidy (26,6 %). Jako druhé nejkonzumovanější náhradní sladidlo však uvádí xylitol (23,6 %), který v mém dotazníkovém šetření zvolilo jen 1 % respondentů. Dále zmiňují aspartam (15,6 %), což je v souladu s mými výsledky. Rozdíly mohou být způsobeny tím, že můj dotazník vyplňovali občané České republiky a dotazník od Pielak et al. (2019) občané Polské republiky. Navíc dostupnost a popularita různých druhů náhradních sladidel se může v České republice a v Polsku lišit. Rusek et al. (2016) dospěli ke stejným závěrům jako Pielak et al. (2019). Tate & Lyle (2015) zjistili jiné výsledky. V jejich studii se staly nejkonzumovanějšími náhradními sladidly aspartam a acesulfam K, dále erythritol, sukralóza a stévie. Jejich výzkum se však týkal respondentů pracujících převážně v potravinářském průmyslu a své odpovědi poskytovali z valné většiny jen výrobci a dodavatelé potravinářských výrobků.

Mé výsledky nejčastěji konzumovaných náhradních sladidel jsou v souladu se světovými trendy. Jelikož spotřebitelé stále častěji upřednostňují přírodní produkty, očekává se, že spotřeba steviol-glykosidů poroste rychleji v porovnání s ostatními náhradními sladidly. Také se předpokládá, že sukralóza bude postupně získávat vyšší podíl na trhu na úkor aspartamu (Sylvetsky & Rother 2016). Tate & Lyle (2015) jsou stejného názoru. Udávají, že asi 33 % respondentů plánuje steviol-glykosidy začít používat. Podle nich poroste i spotřeba erythritolu a sukralózy, kdežto užívání aspartamu mírně poklesne.

Nejčastěji voleným kritériem při výběru náhradního sladidla se v mém dotazníkovém šetření stala chuť náhradního sladidla. Má hypotéza č. 2 tedy byla potvrzena. Dalšími častými kritérii byly i pověst sladidla a jeho cena. Rusek et al. (2016) dospěli k velmi podobným výsledkům, stejně jako Tate & Lyle (2015) a Tasso et al. (2020). Že nejdůležitějším kritériem pro výběr náhradního sladidla je jeho chuť, zjistili i Catenacci et al. (2014), kteří však zkoumali nejdůležitější kritéria při výběru nápoje oslazeného náhradním sladidlem.

Jako nejčastěji konzumované potraviny obsahující náhradní sladidla uváděli respondenti v mém dotazníkovém šetření sušenky, džemy a marmelády a mléčné výrobky, což je v souladu s výsledky dotazníkového šetření ve studii Rusek et al. (2016). Respondenti v mém dotazníkovém šetření uváděli často také bonbóny a čokolády, kterými se ale Rusek et al. (2016) nezabývali.

Co se týče konzumace umělých sladidel, mé výsledky ukazují, že 68 % respondentů k nim má kladný vztah a konzumuje je. Rusek et al. (2016) ale zjistili rozdílné výsledky. Ve výsledcích jejich dotazníkového šetření si dopřává umělá sladidla jen 5 % respondentů. Odlišné výsledky mohou být způsobeny rozdílným vztahem polských a českých respondentů k umělým sladidlům. Tate & Lyle (2015) uvádějí, že 62 % spotřebitelů se zajímá o to, zda jimi kupované výrobky obsahují přírodní náhradní sladidla, nebo umělá sladidla. Neuvádějí však, zda se spotřebitelé potravinám a nápojům s obsahem umělých sladidel vyhýbají.

Z výsledků mého dotazníkového šetření lze vyčíst, že stolní náhradní sladidla používá 42 % respondentů z těch, kteří na začátku dotazníku odpověděli, že náhradní sladidla konzumují. Výsledky ze studie Drewnowski & Rehm (2015) jsou podobné a ukazují, že stolní náhradní sladidla používá 39 % respondentů, kteří uvedli, že konzumují náhradní sladidla. Častěji se jednalo o ženy než muže, což koresponduje s mým zjištěním.

Mé výsledky ukazují, že nejvíce respondentů používá stolní náhradní sladidla v tekuté a sypké formě a méně používaná jsou stolní náhradní sladidla ve formě tablet. Rusek et al. (2016) zjistili podobné výsledky s tím, že stolní náhradní sladidla ve formě tablet používá jen malá část dotázaných. Zanini et al. (2011) uvedli, že valná většina respondentů (98 %) používá náhradní sladidla v tekuté formě a zbylí respondenti v sypké formě. O formě tablet se nezmiňují. Jejich studie však byla provedena na obyvatelích Brazílie a zúčastnilo se jí 2732 účastníků. Předpokládám, že preference forem sladidel v Brazílii je kvůli rozdílným zvyklostem a dostupnosti sladidel na trhu jiná než v České republice. Otázkou také zůstává, zda měli Zanini et al. (2011) v dotazníku variantu náhradních sladidel ve formě tablet vůbec k dispozici.

Co se týče vzdělávání se v oblasti náhradních sladidel, ve výsledcích mého dotazníkového šetření dominují respondenti, kteří se v této oblasti nevzdělávají. Podobné výsledky přináší i studie Rusek et al. (2017), ve které převažují respondenti, kteří nemají zájem se vzdělávat v oblasti náhradních sladidel.

Respondenti, kteří nekonzumují náhradní sladidla, si jako nejčastější důvody vyhýbání se náhradním sladidlům vybrali takové, že nemají žádný důvod je používat, nechutnají jim, nebo si myslí, že jsou zdraví škodlivá. Respondenti ze studie od International Food Information Council (2020) si jako nejčastější důvody zvolili, že preferují chuť cukru, případně jim sladidla nechutnají, nemají důvod je používat a myslí si, že nejsou zdravá, což jsou velmi podobné důvody, jako vyšly mně. Rusek et al. (2017) udávají, že více než polovina respondentů si myslela, že náhradní sladidla mohou být zdraví škodlivá. Mezi některými spotřebiteli tedy stále koluje strach z používání náhradních sladidel a obava o zdravotní bezpečnost těchto sladidel.

6.2 Senzorická analýza

Co se týče výsledků mé pořadové preferenční zkoušky, za nejpreferovanější sladidlo byl v průměru zvolen cukr. Dále se jednalo o aspartam, který dosáhl podobných výsledků. Sacharin a sukralóza dopadly hůře. Nejméně preferované byly steviol-glykosidy.

Quitral et al. (2019) zorganizovali senzorickou analýzu dortíků zvaných cupcakes oslazených sacharózou, steviol-glykosidy a sukralózou. Dospěli k závěru, že nejvíce preferované byly vzorky obsahující sacharózu. Na druhém místě se umístily vzorky oslazené steviol-glykosidy a těsně za nimi vzorky s obsahem sukralózy. Sukralóza v této studii dopadla sice hůře, než ukazují mé výsledky, avšak chuť ingrediencí v cupcakes může ovlivňovat celkovou chuť vzorků a maskovat některé nepříjemné pachutě sladidel.

Co se týče výsledků senzorického profilu chuti, celková příjemnost chuti byla v průměru nejvyšší u sacharózy a aspartamu. Jako nejméně chutné byly označeny steviol-glykosidy a sacharin. Největší intenzitou sladké chuti disponoval jednoznačně sacharin, naopak nejméně sladký byl aspartam. Intenzita pachuti byla nejsilnější u sacharinu, ale také u steviol-glykosidů. Pachuť ze značné části postrádaly aspartam a sacharóza.

Rocha & Bolini (2015) provedli senzorickou analýzu mučenkového džusu oslazeného cukrem a různými náhradními sladidly zahrnujícími aspartam, sacharin, steviol-glykosidy a sukralózu. Vzorky obsahující sacharózu, aspartam a sukralózu vykazovaly podobný smyslový profil s absencí hořké a kovové pachuti. Steviol-glykosidy měly nejvyšší intenzitu pachuti. Ani sacharin si nevedl o moc lépe. Co se týče celkové příjemnosti chuti vzorků, steviol-glykosidy byly v průměru vybrány za nejméně přijatelné. Aspartam se jevil jako velmi přijatelný, podobně jako sacharóza a sukralóza. O podobnosti chuti a přijatelnosti těchto tří sladidel se zmiňují i Azevedo et al. (2015). Podle nich by se mohly stát aspartam a sukralóza nejlepšími alternativami sacharózy. Poznatky ze studií Rocha & Bolini (2015) i Azevedo et al. (2015) korespondují s mými výsledky.

Schiffman et al. (1985) ve své studii zabývající se chuťovými vlastnostmi citronovo-limetkových a kolových nápojů oslazených cukrem, aspartamem a sacharinem zjistili, že chuť nápojů oslazených aspartamem a cukrem byla prakticky identická. Nápoje oslazené sacharinem byly naopak nápojům oslazeným cukrem málo podobné. Nejintenzivněji sladkou chuť měl sacharin. Ke stejným výsledkům jsem se dopracovala i já.

Ve studii, kterou zorganizovali Świąder et al. (2009), zjistili, že chuťové vlastnosti aspartamu jsou nejvíce podobné sacharóze. Intenzita pachuti sacharinu, zejména hořké, kovové a svíravé chuti, byla vyšší než u sacharózy a aspartamu. Nejintenzivnější sladkou chutí disponoval sacharin. Velmi nízkou intenzitu sladké chuti měl aspartam. Všechna tato zjištění se shodují s mými výsledky.

Gwak et al. (2012) provedli senzorickou analýzu roztoků sacharózy, aspartamu, steviol-glykosidů a sukralózy. Zjistili, že největší intenzitu sladké chuti vykazovaly sukralóza a sacharóza. Nejméně intenzivní sladkou chuť měl aspartam. Co se týče parametrů pachuti, aspartam, sukralóza a sacharóza si vedly lépe než steviol-glykosidy. U těch se projevovala největší intenzita hořké, kovové a umělé pachuti. Také Tao & Cho (2020) zjistili, že steviol-glykosidy vykazují vysokou úroveň hořkosti a umělé chuti. Tato zjištění se shodují s mými výsledky.

Ve studii Šedivá et al. (2006) závěry senzorické analýzy cukru, aspartamu a sacharinu rozpuštěných ve vodě ukazují, že sacharóza vykazuje nejvyšší intenzitu sladké chuti. Z mých výsledků však vyplývá, že nejsladší byl sacharin. Rozdílné výsledky mohou být způsobeny různou sladivostí sladidel obsahujících sacharin a doporučením výrobců pro dávkování sladidla při porovnání s cukrem.

Šedivá et al. (2006) dále ukazují, že nejvyšší intenzitu pachuti (přítomnost hořké, kyselé a kovové pachuti) měl sacharin. Aspartam byl chuti cukru nejpodobnější, s čímž souhlasí také Ayya & Lawless (1992).

Tan et al. (2019), kteří zkoumali chuťové parametry sacharózy, aspartamu, steviol-glykosidů a sukralózy, ukazují, že intenzita sladké chuti aspartamu a sukralózy se významně neliší od sacharózy. Největší intenzitou sladké chuti disponovala z těchto sladidel sukralóza. Sacharóza vykazovala nízkou intenzitu pachuti, kdežto steviol-glykosidy a sukralóza poskytovaly relativně vysokou intenzitu pachuti. U steviol-glykosidů se jednalo zejména o hořkou, kovovou a chemickou (umělou) pachuť. Sukralóza poskytovala zejména hořkou a kovovou pachuť. Výsledky Tan et al. (2019) příliš nekorespondují s mými výsledky, jelikož aspartam se ukázal v mém vyhodnocení jako nejméně sladký a potvrdil se též statisticky významný rozdíl v intenzitě sladké chuti sacharózy a aspartamu. Důvodem může být použití sladidla s obsahem aspartamu o odlišné sladivosti a rozdílné doporučené dávkování výrobců pro dosažení stejného sladícího efektu, jako má sacharóza.

Ve studii od Thani et al. (2016) zjistili, že když v dezertu dadih, který pochází z jihovýchodní Asie, vymění cukr za xylitol, hodnotitelé budou vzorek oslazený xylitolem hodnotit kladně. Přestože větší skóre získal vzorek obsahující cukr, rozdíl mezi vzorky nebyl markantní.

Winkelhausen et al. (2007) provedli senzorickou analýzu sušenek s cukrem a xylitolem. Jejich výsledky ukazují, že sušenky oslazené xylitolem vykazovaly stejnou úroveň sladkosti jako sušenky oslazené cukrem. Sušenky s xylitolem poskytovaly oproti sušenkám s cukrem mírně chladivý efekt, ale jinak se chuť výrazně nelišila. Mushtaq et al. (2010) také porovnávali sušenky oslazené cukrem a xylitolem. Zjistili, že hodnotitelé nejvíce preferovali sušenky oslazené z 50 % cukrem a z 50 % xylitolem, tedy kombinaci těchto dvou sladidel.

Ve studii Benedek et al. (2020) se pomocí senzorické analýzy ostružinových džemů oslazených v prvním případě sacharózou a v druhém případě xylitolem dopátrali k závěru, že oba džemy mají podobně sladkou a intenzivní chuť. Při hodnocení džemů skladovaných 9 měsíců dokonce vzorek s xylitolem téměř kopíroval chuťové parametry vzorku s cukrem.

Jae-Young & Kim (2003) ve své studii zabývající se senzorickou analýzu čaje Yuza oslazeného buď cukrem, nebo xylitolem, zjistili, že sladkost xylitolu odpovídá přibližně sladkosti cukru. Senzorické vlastnosti čaje Yuza s xylitolem byly v mnoha atributech podobné čaji Yuza s cukrem. Test přijatelnosti pro spotřebitele ukázal, že celková přijatelnost čaje Yuza oslazeného xylitolem byla prakticky shodná jako u čaje Yuza oslazeného cukrem.

Park et al. (2017) prováděli senzorické hodnocení roztoků cukru a xylitolu. Dospěli k závěru, že xylitol má velmi podobné senzorické vlastnosti jako cukr a jeho sladivost se rovná sladivosti cukru. Zjistili, že sladká chuť cukru přetrvává na jazyku o něco déle, než je tomu u xylitolu, ale tento rozdíl nebyl příliš nápadný. Kim et al. (2015) uvádějí obdobné výsledky. Při senzorické analýze roztoků cukru a xylitolu nezaznamenali výrazné chuťové rozdíly

mezi těmito dvěma sladidly. Také Tan et al. (2019) dospěli k závěru, že mezi chutí xylitolu a sacharózy nebyly prokázány vnímatelné rozdíly.

Všechny tyto studie podporují fakt, že chuť xylitolu se výrazně neliší od chuti cukru. Intenzita sladké chuti těchto dvou sladidel je také srovnatelná. Výsledky mé trojúhelníkové zkoušky ukazují, že mezi chutí xylitolu a sacharózy neexistuje statisticky významný rozdíl a hypotéza č. 3 tedy byla potvrzena.

Maia et al. (2008) dospěli po provedení trojúhelníkové zkoušky k jinému závěru. Při ochutnávání roztoků obsahujících 1 % sladidla sice nezjistili na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ statisticky významné rozdíly mezi chutí xylitolu a cukru, avšak mezi roztoky obsahujícími 2,5 % a 5 % daných sladidel byly statisticky významné rozdíly potvrzeny. Tato zjištění jsou v rozporu s mými výsledky trojúhelníkové zkoušky, pro kterou byly použity roztoky obsahující 4 % cukru a 4 % xylitolu. Výsledky se mohou různit kvůli rozdílnému počtu hodnotitelů a jejich zkušenostmi s hodnocením a citlivostí k vnímání chutí. Mé trojúhelníkové zkoušky se zúčastnilo 14 hodnotitelů, kdežto trojúhelníkové zkoušky Maia et al. (2008) se zúčastnilo 42 hodnotitelů. Na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ je potřeba k potvrzení rozdílů mezi vzorky 9 správných odpovědí ze 14. Pro 42 odpovědí je třeba získat alespoň 22 správných odpovědí. V mém případě tedy musí být v přepočtu na procenta 64,3 % odpovědí správně a ve studii Maia et al. (2008) 52,4 % odpovědí správně, což je méně.

7 Závěr

Závěrem lze shrnout, že 38 % respondentů neví či nesleduje, zda potraviny nebo nápoje s obsahem náhradních sladidel konzumuje, 32 % respondentů takové potraviny a nápoje konzumuje a 30 % respondentů nikoliv. Z mých výsledků vyplývá, že konzumace náhradních sladidel není závislá na pohlaví a hypotéza č. 1 tedy byla potvrzena.

Za nejčastější důvod konzumace náhradních sladidel byla zvolena jejich nižší energetická hodnota v porovnání s cukrem. Nejčastěji voleným hlavním kritériem pro výběr náhradního sladidla spotřebitelem se stala jeho chuť a hypotéza č. 2 tak byla potvrzena.

Mezi nejkonzumovanější náhradní sladidla se řadily steviol-glykosidy, aspartam a sukralóza. Ze skupiny cukerných alkoholů byly jmenovány zejména sorbitol a erythritol. Nejvíce respondentů uvedlo konzumaci sušenek, bonbónů, džemů a marmelád oslazených náhradními sladidly. Z nápojů se jednalo zejména o limonády.

Respondenti nekonzumující potraviny nebo nápoje s obsahem náhradních sladidel tak činili zejména proto, že nemají důvod je konzumovat. Vyskytovala se ale také nezanedbatelná část respondentů, kteří se domnívají, že by náhradní sladidla mohla být zdraví škodlivá. Jak již bylo řečeno, všechna náhradní sladidla vyskytující se na českém trhu musí být schválena Evropským úřadem pro bezpečnost potravin a při dodržování přijatelné denní dávky náhradního sladidla nehrozí spotřebiteli z konzumace zdravotní rizika.

Při pořadové preferenční zkoušce se stal v průměru nejpreferovanějším sladidlem cukr, na 2. místě se umístil aspartam, na 3. místě sacharin a na 4. místě sukralóza. Nejhůře dopadly steviol-glykosidy. Výsledky hodnocení senzorického profilu chuti ukazují, že hodnoty celkové příjemnosti chuti byly v průměru nejvyšší u cukru a aspartamu. Nejméně příjemnou chuť měly steviol-glykosidy a sacharin. Nejintenzivnější sladkou chutí disponoval sacharin a nejméně sladký byl aspartam. Potvrdil se statisticky významný rozdíl v intenzitě sladké chuti mezi cukrem a aspartamem, cukrem a steviol-glykosidy, aspartamem a sacharinem, aspartamem a steviol-glykosidy, aspartamem a sukralózou, sacharinem a steviol-glykosidy a steviol-glykosidy a sukralózou. U sacharinu a steviol-glykosidů se vyskytovala nejvyšší intenzita pachuti. Nejmenší intenzita pachuti byla zpozorována u aspartamu a cukru. Výsledky trojúhelníkové zkoušky ukazují, že mezi chutí xylitolu a sacharózy neexistuje významný rozdíl, tedy že hypotéza č. 3 byla potvrzena.

Co se týče významu náhradních sladidel ve výživě člověka, převažují jejich kladné stránky, jako je nízká nebo nulová energetická hodnota, antikariogenní potenciál, nulové nebo jen mírné ovlivnění hladiny glukózy v krvi a prebiotické vlastnosti polyalkoholů. Nežádoucí účinky náhradních sladidel se týkají zejména polyalkoholů, jejichž nadměrná konzumace může působit projímavě a způsobit nadýmání. Nevyřešenou otázkou zůstává, zda náhradní sladidla napomáhají redukci, nebo naopak přírůstku tělesné hmotnosti. V této oblasti je třeba dalšího výzkumu. O vlivu náhradních sladidel na těhotenství a potomky, na ovlivnění střevní mikrobioty a na riziko vzniku diabetu mellitu II. typu není známo příliš informací a i tyto oblasti vyžadují další výzkum.

8 Literatura

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.

Anton SD, Martin CK, Han H, Coulon S, Cefalu WT, Geiselman P, Williamson DA. 2010. Effects of stevia, aspartame, and sucrose on food intake, satiety, and postprandial glucose and insulin levels. Appetite **55**:37-43.

Araújo JR, Martel F, Keating E. 2014. Exposure to non-nutritive sweeteners during pregnancy and lactation: Impact in programming of metabolic diseases in the progeny later in life. Reproductive Toxicology **49**:196-201.

Awuchi CG, Echeta CK. 2019. Current Developments in Sugar Alcohols: Chemistry, Nutrition, and Health Concerns of Sorbitol, Xylitol, Glycerol, Arabitol, Inositol, Maltitol, and Lactitol. International Journal of Advanced Academic Research **5**:1-33.

Ayya M, Lawless HT. 1992. Quantitative and qualitative evaluation of high-intensity sweeteners and sweetener mixtures. Chemical Senses **17**:245-259.

Azevedo BM, Schmidt FL, Bolini H. 2015. High-intensity sweeteners in espresso coffee: Ideal and equivalent sweetness and time-intensity analysis. International Journal of Food Science & Technology **50**:1374-1381.

Bahl CP, Rose JE, White TJ. 1981. Process for producing aspartame. European Patent Office, European Union. EP 0036258 A2.

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.

Barriocanal LA, Palacios M, Benitez G, Benitez S, Jimenez JT, Jimenez N, Rojas V. 2008. Apparent lack of pharmacological effect of steviol glycosides used as sweeteners in humans. A pilot study of repeated exposures in some normotensive and hypotensive individuals and in Type 1 and Type 2 diabetics. Regulatory Toxicology and Pharmacology **51**:37-41.

Benedek C, Bodor Z, Merrill VT, Kókai Z, Gere A, Kovacs Z, Dalmadi I, Abrankó L. 2020. Effect of sweeteners and storage on compositional and sensory properties of blackberry jams. European Food Research and Technology **246**:2187-2204.

Berry C, Brusick D, Cohen SM, Hardisty JF, Grotz VL, Williams GM. 2016. Sucralose Non-Carcinogenicity: A Review of the Scientific and Regulatory Rationale. Nutrition and Cancer **68**:1247-1261.

Bian X, Tu P, Chi L, Gao B, Ru H, Lu K. 2017. Saccharin induced liver inflammation in mice by altering the gut microbiota and its metabolic functions. Food and Chemical Toxicology **107**:530-539.

Bragg LM, Miller ME, Crawford CT, Hillman JA, Koplan S, Askey TJ. 1999. ln the Matter of Certain Acesulfame Potassium and Blends and Products Containing Same. United States International Trade Commission, Washington, D.C.

Bueno-Hernández N, et al. 2019. Review of the scientific evidence and technical opinion on noncaloric sweetener consumption in gastrointestinal diseases. Revista de Gastroenterología de México **84**:492-510.

Burgess J. 2014. What can make a food taste sweet without any white sugar? QUORA. Available from https://www.quora.com/What-can-make-a-food-taste-sweet-without-any-white-sugar (accessed November 2020).

Butchko HH, et al. 2002. Aspartame: Review of Safety. Regulatory Toxicology and Pharmacology **35**:1-93.

Carakostas MC, Curry LL, Boileau AC, Brusick DJ. 2008. Overview: The history, technical function and safety of rebaudioside A, a naturally occurring steviol glycoside, for use in food and beverages. Food and Chemical Toxicology **46**:S1-S10.

Carocho M, Morales P, Ferreira ICFR. 2017. Sweeteners as food additives in the XXI century: A review of what is known, and what is to come. Food and Chemical Toxicology **107**:302-317.

Catenacci VA, Pan Z, Thomas JG, Ogden LG, Roberts SA, Wyatt HR, Wing RR, Hill JO. 2014. Low/No Calorie Sweetened Beverage Consumption in the National Weight Control Registry. Obesity **22**:2244-2251.

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

ČSN EN ISO 4120. 2009. Senzorická analýza – Metodologie – Trojúhelníková zkouška. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha.

Daher MI, Matta JM, Nour AMA. 2019. Non-nutritive sweeteners and type 2 diabetes: Should we ring the bell? Diabetes Research and Clinical Practice 155 (e107786) DOI: 10.1016/j.diabres.2019.107786.

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

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.

EFSA. 2020. Aspartame. EFSA. Available from http://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/aspartame (accessed October 2020).

EFSA. 2011. Scientific Opinion on the safety and efficacy of neohesperidine dihydrochalcone when used as a sensory additive for piglets, pigs for fattening, calves for rearing and fattening, lambs for rearing and fattening, dairy sheep, ewes for reproduction, salmonids and dogs. EFSA Journal 9 (e2444) DOI: 10.2903/j.efsa.2011.2444.

EFSA. 2009. Scientific Opinion on the use of Polyglycitol Syrup as a food additive. EFSA Journal 7 (e1413) DOI: 10.2903/j.efsa.2009.1413.

EFSA. 2007. Neotame as a sweetener and flavour enhancer – Scientific Opinion of the Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Materials in Contact with Food. EFSA Journal **581**:1-43.

European Association of Polyol Producers. 2020. Food. European Association of Polyol Producers. Available from http://polyols-eu.org/legislation/food/ (accessed October 2020).

Feijó FM, Ballard CR, Foletto KC, Batista BAM, Neves AM, Ribeiro MFM, Bertoluci MC. 2013. Saccharin and aspartame, compared with sucrose, induce greater weight gain in adult Wistar rats, at similar total caloric intake levels. Appetite **60**:203-207.

Fernstrom JD, Munger SD, Sclafani A, Araujo IE, Roberts A, Molinary S. 2012. Mechanisms for Sweetness. The Journal of Nutrition **142**:1134S–1141S.

Fitch C, Keim KS. 2012. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: Use of Nutritive and Nonnutritive Sweeteners. Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics **112**:739-758.

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

Gaffron F. 2012. Acesulfam – E950. Energy Drink Magazine. Available from https://energy-drink-magazin.de/2012/08/acesulfam-8359 (accessed November 2020).

Gardner C, Wylie-Rosett J, Gidding SS, Steffen LM, Johnson RK, Reader D, Lichtenstein AH. 2012. Nonnutritive Sweeteners: Current Use and Health Perspectives. Diabetes Care **35**:1798-1808.

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

Grotz VL, Munro IC. 2009. An overview of the safety of sucralose. Regulatory Toxicology and Pharmacology **55**:1-5.

Gupta M. 2018. Sugar Substitutes: Mechanism, Availability, Current Use and Safety Concerns – An Update. Open Access Macedonial Journal of Medical Sciences **6**:1888-1894.

Gwak MJ, Chung SJ, Kim YJ, Lim CHS. 2012. Relative sweetness and sensory characteristics of bulk and intense sweeteners. Food Science and Biotechnology **21**:889-894.

Hafid NA, Christodoulou J. 2015. Phenylketonuria: a review of current and future treatments. Translational Pediatrics **4**:304–317.

Hunt KJ, Peter JVS, Malek AM, Vrana-Diaz K, Marriott BP, Greenberg D. 2020. Daily Eating Frequency in US Adults: Associations with Low-Calorie Sweeteners, Body Mass Index, and Nutrient Intake (NHANES 2007–2016). Nutrients 12 (e2566) DOI: 10.3390/nu12092566.

Hunty A, Gibson SA, Ashwell A. 2006. A review of the effectiveness of aspartame in helping with weight control. Nutrition Bulletin **31**:115-128.

Chan P, Tomlinson B, Chen YJ, Liu JC, Hsieh MH, Cheng JT. 2000. A double-blind placebo-controlled study of the effectiveness and tolerability of oral stevioside in human hypertension. British Journal of Clinical Pharmacology **50**:215-220.

Chappell GA, Borghoff SJ, Pham LL, Doepker CL, Wikoff DS. 2020. Lack of potential carcinogenicity for sucralose – Systematic evaluation and integration of mechanistic data into the totality of the evidence. Food and Chemical Toxicology 135 (e110898) DOI: 10.1016/j.fct.2019.110898.

Chung JH, Kong JN, Choi HE, Kong KH. 2018. Antioxidant, anti-inflammatory, and anti-allergic activities of the sweet-tasting protein brazzein. Food Chemistry **267**:163-169.

Idris M, Vaidya JR, Middha D, Shukla SK. 2013. Determination of Sucralose by Controlled UV Photodegradation Followed by UV Spectrophotometry. Journal of AOAC International **96**:603-606.

Imamura F, O'Connor L, Ye Z, Mursu J, Hayashino Y, Bhupathiraju SN, Forouhi N. 2015. Consumption of sugar sweetened beverages, artificially sweetened beverages, and fruit juice and incidence of type 2 diabetes: systematic review, meta-analysis, and estimation of population attributable fraction. British Journal of Sports Medicine **50**:496-504.

Informační centrum bezpečnosti potravin. 2020a. Steviol-glykosidy. Ministerstvo zemědělství. Available from https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92497.aspx (accessed October 2020).

Informační centrum bezpečnosti potravin. 2020b. Acesulfam K. Ministerstvo zemědělství. Available from https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92093.aspx (accessed October 2020).

Informační centrum bezpečnosti potravin. 2020c. Dulcin. Ministerstvo zemědělství. Available from https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/92115.aspx (accessed November 2020).

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.pdf (accessed October 2020).

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 January 2021).

International Starch Institute. 2018. Polyols. International Starch Institute. Available from http://www.starch.dk/isi/glucose/polyol.asp (accessed November 2020).

Islam MS, Sakaguchi E. 2006. Sorbitol-based osmotic diarrhea: Possible causes and mechanism of prevention investigated in rats. World Journal of Gastroenterology **12**:7635-7641.

Izawa K, Amino Y, Kohmura M, Ueda Y, Kuroda M. 2010. Human – Environment Interactions – Taste. Pages 631-671 in Mander L, Liu HWB, Townsend CA, Ebizuka Y, editors. Comprehensive Natural Products II. Elsevier Ltd, Kidlington.

Jae-Young Y, Kim HS. 2003. Effect of xylitol and erythritol on the quality characteristics of Yuza tea. Korean Journal of Food and Cookery Science **19**:737-744.

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

JEFCA. 2005. Compendium of food additive specifications – Addendum 13. JEFCA, Geneva. Available from http://www.fao.org/3/a-a0044e.pdf (accessed November 2020).

Karalexi MA, Mitrogiorgou M, Georgantzi GG, Papaevangelou V, Fessatou S. 2018. Non-Nutritive Sweeteners and Metabolic Health Outcomes in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis. The Journal of Pediatrics **197**:128-133.

Katsarou A, Gudbjörnsdottir S, Rawshani A, Dabelea D, Bonifacio E, Anderson BJ, Jacobsen LM, Schatz DA, Lernmark A. 2017. Type 1 diabetes mellitus. Nature Reviews Disease Primers 3 (e17016) DOI: 10.1038/nrdp.2017.16.

Khan TA, Ayoub-Charette S, Sievenpiper JL, Comelli EM. 2020. Non-Nutritive Sweeteners and their Effects on Human Health and the Gut Microbiome. Pages 676-684 in Kuipers EJ, editor. Encyclopedia of Gastroenterology, Second Edition. Academic Press, San Diego.

Khayata W, Kamri A, Alsaleh R. 2016. The glycemic effect of thaumatin and its mixture with sucrose in type 2 diabetes patients. International Journal of Academic Scientific Research **4**:38-46.

Kim MJ, Yoo SH, Jung S, Park MK, Hong JH. 2015. Relative sweetness, sweetness quality, and temporal profile of xylooligosaccharides and luo han guo (*Siraitia grosvenorii*) extract. Food Science and Biotechnology **24**: 965-973.

Kinghorn AD, Compadre CM. 2001. Monellin. Page 215 in Nabors LOB, editor. Alternative Sweeteners – Third Edition, Revised and Expanded. Marcel Dekker Inc., New York.

Koganti S, Ju LK. 2013. *Debaryomyces hansenii* fermentation for arabitol Production. Biochemical Engineering Journal **79**:112-119.

Kroger M, Meister K, Kava R. 2006. Low-calorie Sweeteners and Other Sugar Substitutes: A Review of the Safety Issues. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety **5**:35-47.

Kučera Z. 2017a. Výhradně syntetická náhradní sladidla. PANAX CO, s.r.o. Available from https://www.cukrovka.cz/vyhradne-synteticka-nahradni-sladidla (accessed October 2020).

Kučera Z. 2017b. Přírodní náhradní sladidla. PANAX CO, s.r.o. Available from https://www.cukrovka.cz/prirodni-nahradni-sladidla (accessed October 2020).

Kučera Z. 2017c. Syntetická sladidla identická s přírodními. PANAX CO, s.r.o. Available from https://www.cukrovka.cz/synteticka-sladidla-identicka-s-prirodnimi (accessed October 2020).

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.

Laskow S. 2014. What Happens When Chemists Don't Wash Their Hands. The Atlantic Monthly Group. Available from https://www.theatlantic.com/technology/archive/2014/10/what-happens-when-chemists-dont-wash-their-hands/381587/ (accessed October 2020).

Magnuson BA, Roberts A, Nestmann ER. 2017. Critical review of the current literature on the safety of sucralose. Food and Chemical Toxicology **106**:324-355.

Maia MCA, Galvão APGLK, Della Modesta RC, Pereira Júnior N. 2008. Avaliação sensorial de sorvetes à base de xilitol. Ciência e Tecnologia de Alimentos **28**:146-151.

Maki KC, et al. 2008a. Chronic consumption of rebaudioside A, a steviol glycoside, in men and women with type 2 diabetes mellitus. Food and Chemical Toxicology **46**:47-53.

Maki KC, Curry LL, Carakostas MC, Tarka SM. 2008b. The hemodynamic effects of rebaudioside A in healthy adults with normal and low-normal blood pressure. Food and Chemical Toxicology **46**:40-46.

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.

Mallett AK, Rowland IR, Bearne CA. 1985. Modification of rat caecal microbial biotransformation activities by dietary saccharin. Toxicology **36**:253-262.

Malmström R. 2016. Sanningen om Aspartam. No Sugar Needed. Available from https://nosugarneeded.se/sanningen-om-aspartam/ (accessed November 2020).

Mathur K, Agrawal RK, Nagpure S, Deshpande D. 2020. Effect of artificial sweeteners on insulin resistance among type-2 diabetes mellitus patients. Journal of Family Medicine and Primary Care **9**:69-71.

McNutt K, Sentko A. 2003. Isomalt. Pages 3401-3408 in Caballero B, Finglas P, Toldra F, editors. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition, Second Edition. Academic Press, Oxford.

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.

Morahan HL, Leenaars CHC, Boakes RA, Rooney KB. 2020. Metabolic and behavioural effects of prenatal exposures to non-nutritive sweeteners: A systematic review and meta-analysis of rodent models. Physiology & Behavior 213 (e112696) DOI: 10.1016/j.physbeh.2019.112696.

Mortensen A. 2016. Sweeteners permitted in the European Union: safety aspects. Scandinavian Journal of Food and Nutrition **50**:104-116.

Mushtaq Z, Rehman S, Zahoor T, Jamil A. 2010. Impact of Xylitol Replacement on Physicochemical, Sensory and Microbial Quality of Cookies. Pakistan Journal of Nutrition **9**: 605-610.

Nettleton JE, Reimer RA, Shearer J. 2016. Reshaping the gut microbiota: Impact of low calorie sweeteners and the link to insulin resistance? Physiology & Behavior **164**:488-493.

Nikoleli GP, Nikolelis DP. 2012. Low Calorie Nonnutritive Sweeteners. Pages 79-117 in Varzakas T, Anestis S, Labropoulos A, editors. Sweeteners: Nutritional Aspects, Applications, and Production Technology. CRC Press, Boca Raton.

Otabe A, Fujieda T, Masuyama T, Ubukata K, Lee C. 2011. Advantame – An overview of the toxicity data. Food and Chemical Toxicology **49**:S2-S7.

Palatnik A, Moosreiner A, Stichelen OV. 2020. Consumption of non-nutritive sweeteners during pregnancy. American Journal of Obstetrics and Gynecology **223**:211-218.

Park HW, Kim MJ, Seo S, Yoo S, Hong JH. 2017. Relative sweetness and sweetness quality of Xylobiose. Food Science and Biotechnology **26**:689-696.

Pepino MY, Tiemann CD, Patterson BW, Wice BM, Klein S. 2013. Sucralose Affects Glycemic and Hormonal Responses to an Oral Glucose Load. Diabetes Care **36**:2530–2535.

Petersson M, Barregren T. 2019. Erythritol – from seed to Eureba. Bayn. Available from https://www.bayneurope.com/en/erythritol-from-seed-to-eureba/191881 (accessed October 2020).

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.

Pope E, Koren G, Bozzo P. 2014. Sugar substitutes during pregnancy. Canadian Family Physician **60**:1003-1005.

Qin X, Xiaojian S, Ronggan L, Yuxian W, Zhunian T, Shouji G, Heimbach J. 2006. Subchronic 90-day oral (Gavage) toxicity study of a Luo Han Guo mogroside extract in dogs. Food and Chemical Toxicology **44**:2106-2109.

Quitral V, Valdés J, Umaña V, Gallardo N, Alcaino MJ, Araya C, Flores M. 2019. The Role of Non-Caloric Sweeteners in Sensory Characteristics of Pastry Products. Foods 8 (e329) DOI: 10.3390/foods8080329.

Raben A, Vasilaras TH, Moller AC, Astrup A. 2002. Sucrose compared with artificial sweeteners: different effects on ad libitum food intake and body weight after 10 wk of supplementation in overweight subjects. The American Journal of Clinical Nutrition **76**:721-729.

Račická E. 2012. Náhradní sladidla, jejich místo v současné diabetologii. Interní medicína pro praxi **14**:331-335.

Razak FA, Baharuddin BA, Akbar EFM, Norizan AH, Ibrahim NF, Musa MY. 2017. Alternative sweeteners influence the biomass of oral biofilm. Archives of Oral Biology **80**:180-184.

Reid M, Hammersley R, Hill AJ, Skidmore P. 2007. Long-term dietary compensation for added sugar: effects of supplementary sucrose drinks over a 4-week period. British Journal of Nutrition **97**:193-203.

Rocha IFO, Bolini HMA. 2015. Passion fruit juice with different sweeteners: sensory profile by descriptive analysis and acceptance. Food Science & Nutrition **3**:129-139.

Romo-Romo A, Aguilar-Salinas CA, Brito-Córdova GX, Gómez-Díaz RA, Almeda-Valdes P. 2018. Sucralose decreases insulin sensitivity in healthy subjects: a randomized controlled trial. The American Journal of Clinical Nutrition **108**:485-491.

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. 2017. Consumer Knowledge and Opinion on Selected Sweeteners Used in Food. Part 2. Engineering Sciences and Technologies **1**:63-73.

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.

Ruyter JC, Olthof MR, Seidell JC, Katan MB. 2012. A trial of sugar-free or sugar-sweetened beverages and body weight in children. The New England Journal of Medicine **367**:1397-1406.

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.

Serban BC, Buiu O, Bumbac M, Nicolescu CM, Cobianu C. 2018. Chemical Compounds in the Online Environment: Quo Vadis? Journal of Science and Arts **3**:739-752.

Schiano C, Grimaldi V, Franzese M, Fiorito C, Nigris FD, Donatelli F, Soricelli A, Salvatore M, Napoli C. 2020. Non-nutritional sweeteners effects on endothelial vascular function. Toxicology in Vitro 62 (e104694) DOI: 10.1016/j.tiv.2019.104694.

Schiffman S, Crofton VA, Beeker TG. 1985. Sensory evaluation of soft drinks with various sweeteners. Physiology & Behavior **34**:369-377.

Slimáková M. 2020. Glykemický index. PharmDr. Margit Slimáková. Available from https://www.margit.cz/encyklopedie/glykemicky-index/ (accessed October 2020).

Spencer M, Gupta A, Dam LV, Shannon C, Menees S, Chey WD. 2016. Artificial Sweeteners: A Systematic Review and Primer for Gastroenterologists. Journal of Neurogastroenterology and Motility **22**:168-180.

Suez J, et al. 2014. Artificial sweeteners induce glucose intolerance by altering the gut microbiota. Nature **514**:181-186.

Świąder K, Waszkiewicz-Robak B, Swiderski F, Kostyra E. 2009. Sensory properties of some synthetic high-intensity sweeteners in water solutions. Journal of the Science of Food and Agriculture **89**:2030-2038.

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.

Sylvetsky AC, Rother KI. 2016. Trends in the consumption of low-calorie sweeteners. Physiology & Behavior **164**:446-450.

Sylvetsky AC, Welsh JA, Brown RJ, Vos MB. 2012. Low-calorie sweetener consumption is increasing in the United States. The American Journal of Clinical Nutrition **96**:640-646.

SZPI. 2017. Přídatné látky (aditiva). Státní zemědělská a potravinářská inspekce. Available from https://www.szpi.gov.cz/clanek/pridatne-latky-aditiva.aspx (accessed November 2020).

Šedivá A, Panovská Z, Pokorný J. 2006. Sensory Profiles of Sweeteners in Aqueous Solutions. Czech Journal of Food Sciences **24**:283-287.

Takayama S, Renwick AG, Johansson SL, Thorgeirsson UP, Tsutsumi M, Dalgard DW, Sieber SM. 2000. Long-term Toxicity and Carcinogenicity Study of Cyclamate in Nonhuman Primates. Toxicological Sciences **53**:33-39.

Tan VWK, Wee MSM, Tomic O, Forde CG. 2019. Temporal sweetness and side tastes profiles of 16 sweeteners using temporal check-all-that-apply (TCATA). Food Research International **121**:39-47.

Tao R, Cho S. 2020. Consumer-Based Sensory Characterization of Steviol Glycosides (Rebaudioside A, D, and M). Foods 9 (e1026) DOI: 10.3390/foods9081026.

Tasso IS, Santos TG, Seibel NF. 2020. Elaboration of a natural sweetener using Erythritol/Stevia. Food Science and Technology **40**:370-375.

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 January 2021).

Tate DF, Turner-McGrievy G, Lyons E, Stevens J, Erickson K, Polzien K, Diamond M, Wang X, Popkin B. 2012. Replacing caloric beverages with water or diet beverages for weight loss in adults: main results of the Choose Healthy Options Consciously Everyday (CHOICE) randomized clinical trial. The American Journal of Clinical Nutrition **95**:555-563.

Tey SL, Salleh N, Henry J, Forde CG. 2016. Effects of Aspartame-, Monk Fruit-, Stevia-, and Sucrose Sweetened Beverages on Postprandial Glucose, Insulin and Energy Intake. International Journal of Obesity **41**:450-457.

Thani NM, Kamal SMM, Taip FS, Biak ADR. 2016. Evaluation on safety and sensory analysis of xylitol substituted dadih. International Food Research Journal **23**:S203-S208.

Urban JD, Carakostas MC, Taylor SL. 2015. Steviol glycoside safety: Are highly purified steviol glycoside sweeteners food allergens? Food and Chemical Toxicology **75**:71-78.

Úřední věstník Evropské unie. 2014. NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 497/2014 ze dne 14. května 2014, kterým se mění příloha II nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 a příloha nařízení Komise (EU) č. 231/2012, pokud jde o použití advantamu jako sladidla. Brusel.

Vasconcelos MA, Orsolin PC, Silva-Oliveira RG, Nepomuceno JC, Spanó MA. 2017. Assessment of the carcinogenic potential of high intense-sweeteners through the test for detection of epithelial tumor clones (warts) in *Drosophila melanogaster*. Food and Chemical Toxicology **101**:1-7.

Vrbová T. 2016. E 964 – Polyglycitolový sirup. CEFF. Available from https://www.ceff.info/cz/additives/detail/341?seo=e-964 (accessed November 2020).

Waalkens-Berendsen DH, Kuilman-Wahls MEM, Bär A. 2004. Embryotoxicity and teratogenicity study with neohesperidin dihydrochalcone in rats. Regulatory Toxicology and Pharmacology **40**:74–79.

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.

Winkelhausen E, Jovanovic-Malinovska R, Velickova E, Kuzmanova S. 2007. Sensory and Microbiological Quality of a Baked Product Containing Xylitol as an Alternative Sweetener. International Journal of Food Properties **10**:639-649.

Witt J. 1996. Cyclamate. Page 72 in McKetta JJ, Weismantel GE, editors. Encyclopedia of Chemical Processing and Design Volume 56 – Supercritical Fluid Technology: Theory and Application to Technology Forecasting. Marcel Dekker Inc., New York.

Younes M, et al. 2020. Safety of a proposed amendment of the specifications for steviol glycosides (E 960) as a food additive: to expand the list of steviol glycosides to all those identified in the leaves of *Stevia Rebaudiana* Bertoni. EFSA Journal 18 (e06106) DOI: 10.2903/j.efsa.2020.6106.

Zanini RV, Araújo CL, Martínez-Mesa J. 2011. Utilização de adoçantes dietéticos entre adultos em Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil: um estudo de base populacional. Cadernos de Saúde Pública **27**:924-934.

9 Samostatné přílohy

Příloha č. 1: Vzor dotazníku

Dobrý den,
věnujte, prosím, několik minut svého času na vyplnění dotazníku, který se týká konzumace náhradních sladidel. Jsem studentkou magisterského studia České zemědělské univerzity v Praze, oboru Kvalita potravin a zpracování zemědělských produktů. Výsledky dotazníku budou sloužit do mé diplomové práce k vyhodnocení postoje spotřebitelů k náhradním sladidlům. Dotazník je anonymní a je určen lidem starším osmnácti let, horní věková hranice není omezena. U některých otázek lze zaškrtnout více odpovědí. Pokud by Vás zajímaly výsledky dotazníku, neváhejte mě kontaktovat na e-mail: julik.marek@seznam.cz.
Předem Vám děkuji za spolupráci,
Bc. Julie Marková

povinná otázka

1. Jste starší osmnácti let?

- ○ Ano
- ○ Ne

povinná otázka

2. Konzumujete potraviny nebo nápoje obsahující náhradní sladidla (například aspartam, acesulfam K, sukralóza, steviol-glykosidy získané ze stévie)?

- ○ Ano
- ○ Ne
- ○ Nevím, nesleduji to

Varianta otázek pro odpověď Ano u otázky č. 2.

povinná otázka

3. Trpíte diabetem mellitem I. nebo II. typu (tedy cukrovkou)?

- ○ Ano
- ○ Ne

povinná otázka

4. Kdybyste netrpěli diabetem mellitem I. nebo II. typu, konzumovali byste raději výrobky oslazené cukrem než náhradními sladidly?

- ○ Ano
- ○ Ne

povinná otázka

5. Z jakého hlavního důvodu konzumujete náhradní sladidla?

- ○ Mají nižší energetickou hodnotu než cukr
- ○ Chutnají mi více než cukr
- ○ Jsou podle mého názoru zdravější než cukr
- ○ Vyhýbám se cukru, ale nechci se vzdát sladké chuti
- ○ Jiné důvody (vypište)

povinná otázka

6. Jaké konkrétní potraviny obsahující náhradní sladidla konzumujete?

- ☐ Bonbóny
- ☐ Sušenky
- ☐ Čokolády
- ☐ Džemy a marmelády
- ☐ Kompoty
- ☐ Mléčné výrobky
- ☐ Jiné (vypište)

povinná otázka

7. Jaké konkrétní nápoje obsahující náhradní sladidla konzumujete?

- ☐ Limonády
- ☐ Ledové čaje
- ☐ Energetické nápoje
- ☐ Sirupy
- ☐ Žádné
- ☐ Jiné (vypište)

povinná otázka

8. Jak často průměrně konzumujete potraviny a nápoje obsahující náhradní sladidla?

- ○ Velmi často (denně)
- ○ Často (alespoň jednou za týden)
- ○ Příležitostně

povinná otázka

9. Žvýkáte žvýkačky oslazené náhradními sladidly?

- ○ Ano
- ○ Ne
- ○ Nevím, nesleduji to

povinná otázka

10. Používáte stolní náhradní sladidla (například k oslazení kávy, na pečení a podobně)?

- ○ Ano
- ○ Ne

povinná otázka

11. Jakou formu stolního náhradního sladidla používáte?

- [ ] Tablety
- [ ] Sypká forma
- [ ] Tekutá forma

povinná otázka

12. Jaká náhradní sladidla používáte nebo konzumujete v potravinách a nápojích?

- [ ] Steviol-glykosidy
- [ ] Erythritol
- [ ] Isomalt
- [ ] Maltitol
- [ ] Mannitol
- [ ] Sorbitol
- [ ] Acesulfam K
- [ ] Aspartam
- [ ] Cyklamát
- [ ] Sacharin
- [ ] Sukralóza
- [ ] Nevím, nesleduji to
- [ ] Jiné (vypište)

povinná otázka

13. Jaký máte vztah k potravinám a nápojům s obsahem umělých sladidel (acesulfam K, aspartam, sacharin, sukralóza a další)?

- ○ Kladný – konzumuji je
- ○ Záporný – nekonzumuji je
- ○ Nevím, nezjišťuji si, zda potraviny a nápoje, které konzumuji, obsahují umělá sladidla

povinná otázka

14. Z jakého důvodu nekonzumujete umělá sladidla?

- [ ] Jsou vyráběna synteticky
- [ ] Myslím si, že by mohla být zdraví škodlivá
- [ ] Jiné (vypište)

povinná otázka

15. Co je pro Vás rozhodující kritérium při výběru náhradního sladidla?

- ○ Jeho chuť
- ○ Cena
- ○ Dostupnost
- ○ Pověst sladidla
- ○ Sladivost
- ○ Jiné (vypište)

povinná otázka

16. Jsou pro Vás potraviny a nápoje obsahující náhradní sladidla méně chutné než potraviny a nápoje obsahující cukr?

- ○ Ano
- ○ Ne, mají podle mě lepší chuť
- ○ Nepozoruji rozdíl v chuti
- ○ Záleží na konkrétní potravině nebo nápoji

povinná otázka

17. Pozorujete při konzumaci náhradních sladidel nějaké vedlejší účinky?

- ○ Ano
- ○ Ne

povinná otázka

18. Jaké vedlejší účinky na sobě pozorujete?

- ☐ Nárůst hmotnosti
- ☐ Nadýmání
- ☐ Projímavé účinky
- ☐ Bolest hlavy
- ☐ Únava
- ☐ Vyrážka
- ☐ Jiné (vypište) _____

povinná otázka

19. Vzděláváte se v oblasti náhradních sladidel (vývoj, schvalování nových sladidel, zdravotní účinky sladidel)?

- ○ Ano
- ○ Ne

Varianta otázek pro odpověď Ne u otázky č. 2.

povinná otázka

20. Trpíte diabetem mellitem I. nebo II. typu (tedy cukrovkou)?

- ○ Ano
- ○ Ne

povinná otázka

21. Jaký je Váš důvod vyhýbání se náhradním sladidlům?

- ☐ Myslím si, že jsou zdraví škodlivá
- ☐ Preferuji cukr
- ☐ Nechutnají mi
- ☐ Nemám důvod je používat
- ☐ Jsou drahá
- ☐ Jiné (vypište) _____

povinná otázka

22. Přemýšlíte nad tím, že byste v budoucnu začali některá náhradní sladidla používat?

- ○ Ano
- ○ Ne

Varianta otázek pro odpověď Nevím, nesleduji to u otázky č. 2.

povinná otázka

23. Trpíte diabetem mellitem I. nebo II. typu (tedy cukrovkou)?

- ○ Ano
- ○ Ne

povinná otázka

24. Trpí někdo z Vaší rodiny diabetem mellitem I. nebo II. typu (tedy cukrovkou)?

- ○ Ano
- ○ Ne

povinná otázka

25. Z jakého důvodu se nezabýváte tím, zda konzumujete náhradní sladidla?

- ☐ Nezajímají mě
- ☐ Nevím, co si pod pojmem náhradní sladidla mám představit
- ☐ Jiné (vypište)

Identifikační otázky určené pro všechny respondenty

povinná otázka

26. Jaké je Vaše pohlaví?

- ○ Muž
- ○ Žena

povinná otázka

27. Kolik je Vám let?

- ○ 18–29
- ○ 30–45
- ○ 46–59
- ○ 60–75
- ○ více než 75

povinná otázka

28. Jaký je Váš nejvyšší dosažený stupeň vzdělání?

- ○ Základní
- ○ Střední
- ○ Vyšší odborné
- ○ Vysokoškolské

Děkuji za Váš čas a poskytnuté odpovědi.
S pozdravem a přáním krásného dne,
Bc. Julie Marková

Příloha č. 2: Vzory formulářů pro senzorickou analýzu

Pořadová (preferenční) zkouška

Úkol: Předloženou sadu vzorků ochutnejte zleva doprava a seřaďte si vzorky podle vzrůstající preference chuti. Vzorky můžete ochutnávat opakovaně. Kódy vzorků poté zapište do tabulky takovým způsobem, že na 1. místě bude vzorek s nejméně preferovanou chutí a na posledním místě vzorek s nejpreferovanější (nejoblíbenější) chutí.

Tabulka:

Pořadí	Kód vzorku
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	

Rozdíly mezi sousedními vzorky byly v průměru:

Rozdíl mezi prvním a posledním vzorkem byl:

Tabulka pro hodnocení rozdílů mezi vzorky:

Rozdíly mezi sousedními vzorky:	Rozdíl mezi prvním a posledním vzorkem:
A – neznatelné	A – velmi malý
B – nepatrné	B – dosti malý
C – velmi malé	C – zřetelný
D – dosti malé	D – dosti velký
E – zřetelné	E – velmi nápadný

Senzorický profil chuti

Úkol: U každého předloženého vzorku posuďte vybrané chuťové parametry. K hodnocení použijte grafické stupnice.

Vzorek č.:

Celková příjemnost chuti:

odporná velmi příjemná

Intenzita sladké chuti:

neznatelná velmi silná

Intenzita pachuti:

neznatelná velmi silná

Vzorek č.:

Celková příjemnost chuti:

odporná velmi příjemná

Intenzita sladké chuti:

neznatelná velmi silná

Intenzita pachuti:

neznatelná velmi silná

Vzorek č.:

Celková příjemnost chuti:

odporná velmi příjemná

Intenzita sladké chuti:

neznatelná velmi silná

Intenzita pachuti:

neznatelná velmi silná

Vzorek č.:

Celková příjemnost chuti:

odporná velmi příjemná

Intenzita sladké chuti:

neznatelná velmi silná

Intenzita pachuti:

neznatelná velmi silná

Vzorek č.:

Celková příjemnost chuti:

odporná velmi příjemná

Intenzita sladké chuti:

neznatelná velmi silná

Intenzita pachuti:

neznatelná velmi silná

Trojúhelníková zkouška

Úkol: Ochutnejte předloženou trojici vzorků. Určete, které dva vzorky jsou totožné a který vzorek se liší od ostatních. K jednotlivým vzorkům se můžete libovolně vracet. Do tabulky zapište kódy vzorků, o kterých si myslíte, že jsou shodné, a kód vzorku, o kterém si myslíte, že se liší od ostatních.

Tabulka:

Kódy shodných vzorků		Kód odlišného vzorku