

Srovnání vlivu různých druhů sladidel na kvalitu pečiva

Bc. Tereza Tomaničková

Diplomová práce
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Tereza Tomaničková**
Osobní číslo: **T21462**
Studijní program: **N0721A210004 Technologie potravin**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Srovnání vlivu různých druhů sladidel na kvalitu pečiva**

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část
Význam cukru při výrobě pečiva.
Sladidla a jejich vlastnosti.
Výhody a nevýhody náhrady cukru sladidly při výrobě pečiva.
II. Praktická část
Popis použitého materiálu a metod.
Popis získaných výsledků a jejich diskuse s literaturou.
Formulování závěrů plynoucích z práce.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] Mamaeva, L., Yerbulekova, M., Askarbekov, E., Ashimova, P., & Muratbekova, K. (2020). Intensification of fermentation process using natural sweeteners. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 30, 137-141
- [2] Mariotti, M., & Alamprese, C. (2012). About the use of different sweeteners in baked goods. Influence on the mechanical and rheological properties of the doughs. *LWT-Food Science and Technology*, 48(1), 9-15
- [3] Quitral, V., Valdés, J., Umaña, V., Gallardo, N., Alcaíno, M. J., Araya, C., & Flores, M. (2019). The role of non-caloric sweeteners in sensory characteristics of pastry products. *Foods*, 8(8), 329
- [4] Stefan, E. M., Voicu, G., Constantin, G. A., Munteanu, G. M., & Ipate, G. (2019). Effect of sugar substitutes on wheat dough rheology. *Scientific Study & Research. Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, 20(2), 313-320

Vedoucí diplomové práce: **doc. RNDr. Iva Burešová, Ph.D.**
Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce: **31. prosince 2022**
Termín odevzdání diplomové práce: **12. května 2023**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 20. února 2023

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá porovnáváním vlivu různých druhů sladidel na kvalitu pečiva. V teroretické části byl definován cukr (sacharóza), pečivo, sladidla a jejich výhody a nevýhody při nahrazování cukru v pečivu. V praktické části bylo vyrobeno 6 druhů muffinů - s acesulfámem draselným, se sorbitolem, se xylitolem, s isomalem, s erytritolem a se sacharózou. Muffiny se odlišovaly pouze sladidlem, zbytek receptury byl stejný. Rozdíly byly viditelné okamžitě - už vzhledově byly muffiny odlišné. Následně byly analyzované texturní vlastnosti. Nejvhodnější alternativou náhrady cukru, vycházející z vlastností pečiva, byl sorbitol a xylitol. Naopak nejméně vhodnou možností bylo sladidlo isomalt.

Klíčová slova: jemné pečivo, muffiny, sladidla, cukr, texturní vlastnosti

ABSTRACT

The diploma thesis deals with the comparison of the influence of different types of sweeteners on the quality of baked goods. In the theoretical part, sugar (sucrose), baked goods, sweeteners and their advantages and disadvantages in replacing sugar in baked goods were defined. In the practical part, 6 types of muffins were made – with acesulfame potassium, with sorbitol, with xylitol, with isomalt, with erythritol and with sucrose. The muffins differed only in the sweetener, the rest of the recipe was exactly the same. The differences were visible immediately - the appearance of the muffins was already different. Subsequently, textural properties were analyzed. Based on the characteristics of the pastry, sorbitol and xylitol were the most suitable alternatives. On the contrary, the least suitable alternative was the sweetener isomalt.

Keywords: soft pastry, muffins, sweeteners, sugar, textural properties

Pod'akovanie

Rada by som pod'akovala pani doc. RNDr. Ive Burešovej, Ph.D. za možnosť vypracovať túto diplomovú prácu pod jej odborným vedením, za všetky užitočné rady a pripomienky, taktiež za vždy rýchlu a jasnú komunikáciu. Moje pod'akovanie rozhodne patrí aj pani Ing. Romane Šebestíkovej za pomoc pri spracovaní praktickej časti práce. Taktiež by som rada pod'akovala Fakulte technologickej a celému Ústavu technológie potravín, najmä ľuďom, ktorí tu pracujú – zažila som tu dva skvelé roky môjho života. V neposlednom rade ďakujem mojim rodičom a môjmu snúbencovi, bez ktorých by nič z tohto nebolo možné.

Prehlasujem, že odovzdaná verzia diplomovej práce a verzia elektronická nahratá do IS/STAG sú totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČASŤ	10
1 VÝZNAM CUKRU PRI VÝROBE PEČIVA	11
1.1 CUKOR	11
1.1.1 Chemická štruktúra	11
1.1.2 Vlastnosti.....	12
1.1.3 Výroba.....	12
1.1.4 Význam vo výžive.....	12
1.1.5 Vplyv na zdravie	13
1.2 PEČIVO	13
1.2.1 Druhy pečiva	14
1.2.2 Výroba jemného pečiva.....	14
1.2.3 Význam cukru pri výrobe pečiva	15
2 SLADIDLÁ A ICH VLASTNOSTI	17
2.1 POLYOLY (VÝŽIVOVÉ SLADIDLÁ)	18
2.2 UMELE SLADIDLÁ (NEVÝŽIVOVÉ SLADIDLÁ)	19
2.3 VYBRANÉ SLADIDLÁ VYUŽÍVANÉ PRI VÝROBE PEČIVA	20
2.3.1 Acesulfám draselný	20
2.3.2 Erytritol	22
2.3.3 Izomalt.....	24
2.3.4 Sorbitol.....	26
2.3.5 Xylitol	27
3 VÝHODY A NEVÝHODY NÁHRADY CUKRU SLADIDLAMI PRI VÝROBE PEČIVA	30
3.1 VÝHODY.....	30
3.2 NEVÝHODY	30
II PRAKTICKÁ ČASŤ	32
4 CIEĽ PRÁCE	33
5 CHARAKTERISTIKA POUŽITÝCH SUROVÍN PRI VÝROBE JEMNÉHO PEČIVA – MUFFÍN	34
6 POPIS A POSTUP VÝROBY JEMNÉHO PEČIVA – MUFFÍN	40
7 POPIS A POSTUP PRI TESTOVANÍ HOTOVÝCH VÝROBKOV – MUFFÍN	42
7.1 STRATY PEČENÍM	42
7.2 ŠPECIFICKÝ OBJEM	42
7.3 TEXTÚRNA ANALÝZA	43
7.4 ŠSTATISTICKÉ VYHODNOTENIE VÝSLEDKOV	45

8	VÝSLEDKY A DISKUSIA.....	46
8.1	STRATY PEČENÍM	46
8.2	ŠPECIFICKÝ OBJEM	47
8.3	TVRDOSŤ	49
8.4	SÚDRŽNOSŤ	50
8.5	PRUŽNOSŤ	53
8.6	ŽUVATELNOSŤ	54
8.7	PRIĽNAVOSŤ	56
	ZÁVER	58
	ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	60
	ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....	69
	ZOZNAM OBRÁZKOV	70
	ZOZNAM TABULIEK	71

ÚVOD

Cukor je jednou z najkonzumovanejších a najpopulárnejších potravín na celom svete. V posledných desaťročiach sa dopyt spotrebiteľov po nízkokalorických produktoch zvýšil, v dôsledku pribúdania chorôb spôsobených nadmernou konzumáciou cukru. Z tohto dôvodu potravinársky priemysel vo veľkej miere používa sladidlá bez energetickej hodnoty alebo náhrady cukru v potravinách a nápojoch (Stefan et al., 2019). Tento trend neobišiel ani širokú škálu pekárskeho výrobkov. Sladké pečivo, ktoré je medzi spotrebiteľmi veľmi obľúbené, je ale pri redukcii hmotnosti, a teda znižovaní energetickej hodnoty, obvykle z jedálneho vyradené medzi prvými, pretože obsahuje veľa cukru. Sladké pečivo taktiež nie je súčasťou zdravej stravy. A preto sa pri výrobe takéhoto pečiva začal cukor zamieňať za verziu, ktorá je považovaná ako zdravšia, energetickejšia – a sú ňou práve nízkenergetické sladidlá. Nie je to však také jednoduché, ako to znie, pretože cukor, okrem funkcie sladkej chuti, plní pri výrobe pečiva ešte mnoho ďalších funkcií.

Medzi druhy jemného pečiva, ktoré je absolútne neoddeliteľnou súčasťou pečiva ponúkaného na trhu či vyrábaného v domácnostiach, sa zaraďujú muffiny. Muffiny priniesol moderný svet a netrvalo dlho, kým sa stali absolútnym hitom medzi spotrebiteľmi vďaka svojej výbornej chuti a typickému ikonickému tvaru. Ich výroba nie je časovo náročná a postup ich výroby zvládne pochopiť aj laik. Ako však vyrobiť muffiny bez cukru tak, aby zostala ich skvelá chuť, textúra a tvar rovnaký? Hľadanie tej dokonalej náhrady za sacharózu v sladkom pečive je neustále v trendoch.

Táto diplomová práca je zameraná na použitie rôznych druhov sladidiel (erytritol, sorbitol, izomalt, acesulfám draselný, xylitol) pri výrobe muffín, a to za jedinej zmeny v receptúre v každej šarži – zmeny sladidla. Práca je zameraná najmä na ich zmeny v špecifickom objeme, v textúre a hmotnostných stratách pri pečení.

Práca je členená nasledovným spôsobom: v teoretickej časti sú definované pojmy ako cukor (sacharóza), pečivo, význam cukru pri výrobe pečiva. Následne bola spracovaná odborná literatúra zameraná na sladidlá, ich základné rozdelenie a vlastnosti či vplyv na zdravie človeka. V poslednej kapitole boli spracované výhody a nevýhody nahrádzania cukru sladidlami pri výrobe pečiva.

V praktickej časti bol definovaný cieľ práce, následne charakteristika použitých surovín a receptúry pri výrobe muffín, ďalšou kapitolou je popis a postup laboratórnej výroby a taktiež samostatná kapitola, ktorá popisuje postup pri testovaní hotových výrobkov. Poslednou kapitolou sú výsledky z meraní a diskusia týchto výsledkov.

I. TEORETICKÁ ČASŤ

1 VÝZNAM CUKRU PRI VÝROBE PEČIVA

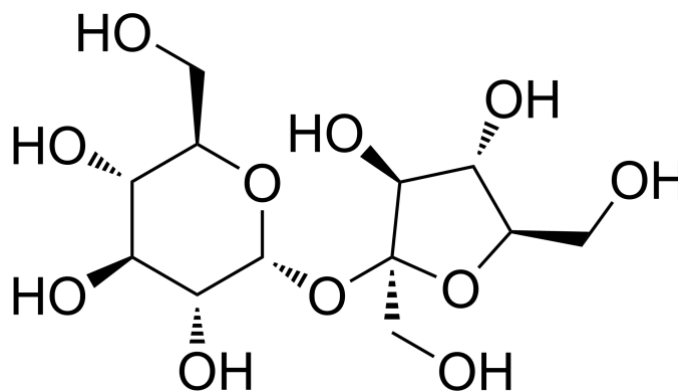
1.1 Cukor

Vyhláška č. 76/2003 Sb. z dňa 6. marca 2003, ktorou sa stanovujú požiadavky pre prírodné sladidlá, med, cukrovinky, kakaový prášok a zmesi kakaa s cukrom, čokoládu a čokoládové cukríky definuje cukor ako vyčistenú kryštalizovanú sacharózu upravenú najmä do kryštálov, múčky, kociek, homolí, prípadne doplnenou prídavnými látkami, arómami alebo korením. Cukor biely je možné podľa tejto vyhlášky označovať iba názvom „cukor“ (Vyhláška č. 76/2003 Sb. v aktuálnom znení).

Cukor ako sladidlo a potravinárska prísada s mnohými významnými funkciami mala obrovský vplyv na históriu ľudstva, svetovú ekonomiku a kultúru. Prvé sladidlo objavené ľuďmi bol med (Eggleston, 2019). Sacharóza je považovaná za štandard sladkej chuti, ktorú ponúka a je najbežnejšie používaným sladidlom v potravinárskom priemysle, najmä v pekárenskom priemysle (Stefan et al., 2019).

1.1.1 Chemická štruktúra

V chémii pojem „cukor“ obvykle odkazuje na všetky sacharidy so všeobecným molekulovým vzorcom $C_n(H_2O)_n$ (Clarke, 2022). Sacharóza alebo stolový cukor, je disacharid tvorený monosacharidmi glukózou a fruktózou spojených glykozidickou väzbou. Jeho molekulový vzorec je $C_{12}H_{22}O_{11}$. Molekulová hmotnosť sacharózy je 342,30 g/mol. Rovnako ako ostatné sacharidy, aj sacharóza má pomer vodíka ku kyslíku 2:1 (Lebedev, Park, Yaylaian, 2009).



Obrázok 1 Chemická štruktúra sacharózy

1.1.2 Vlastnosti

Sacharóza má stredný glykemický index (≈ 65) (Tiefenbacher, 2017). Topí sa pri 186 °C za vzniku karamelu. Rovnako ako ostatné sacharidy, spaľuje sa na oxid uhličitý a vodu (Lebedev, Park, Yaylaian, 2009). Ide o neredukujúci cukor, ktorý je vysoko rozpustný vo vode (Woodbury, Lust, Mauer 2021) a ľahko kryštalizuje (Tiefenbacher, 2017).

1.1.3 Výroba

Sacharóza sa nachádza takmer vo všetkých rastlinách, ale z ekonomického hľadiska v dostatočne vysokých koncentráciách sa nachádza len v cukrovej trstine (*Saccharum officinarum*) a cukrovej repe (*Beta vulgaris*) (Clarke, 2022). Cukrová trstina sa pestuje vo viac ako 110 krajinách s odhadovanou celkovou produkciou 1 591 miliónov ton v roku 2007, čo je viac ako šesťnásobok produkcie cukrovej repy. V roku 2005 bola najväčším svetovým producentom cukrovej trstiny Brazília, po ktorej nasledovala India. Brazília má najvyššiu produkciu na jedného obyvateľa, India má najvyššiu spotrebu na krajinu (Lebedev, Park, Yaylaian, 2009). Spracovanie cukrovej trstiny sa praktizuje v mnohých variantoch, ale základný proces pozostáva z nasledujúcich krokov: extrakcia trstinovej šťavy mletím alebo difúziou, čírenie šťavy, zahustenie šťavy na sirup odparovaním, kryštalizácia cukru zo sirupu a separácia, sušenie kryštálov (Clarke, 2022). Európska Únia, USA a Rusko sú tromi najväčšími producentmi cukrovej repy na svete, hoci významnými vývozcami repného cukru je len Ukrajina a Európska Únia. Repný cukor tvorí 30 % svetovej produkcie cukru (Lebedev, Park, Yaylaian, 2009).

1.1.4 Význam vo výžive

Sacharidy sú hlavným zdrojom energie získanej z potravín na celom svete, najmä v rozvojových krajinách. Európsky úrad pre bezpečnosť potravín (EFSA) odporúča, že príjem sacharidov by sa mal pohybovať od 45 do 60 % energie prijatej zo stravy u dospelých ľudí a detí, ktoré nemajú zdravotné ťažkosti a sú staršie ako jeden rok. Sacharidy prítomné v strave môžu byť vo forme zložitých molekúl (polyméry alebo polysacharidy) alebo jednoduchých molekúl, inak označovaných aj ako cukry. Cukry môžu byť klasifikované ako monoméry (monosacharidy) alebo diméry (disacharidy). Zo všetkých cukrov v potrave je z nutričného hľadiska najdôležitejšia práve glukóza, fruktóza, galaktóza, laktóza, sacharóza či maltóza. Sacharidy sú dôležité pre správne fungovanie ľudského tela a najmä pre mozog, pretože mozgové bunky potrebujú neustály prísun glukózy (140 g/deň) z krvného obehu,

aby si zachovali svoju integritu a funkčnosť. Z tohto dôvodu je nutné, aby bola sacharóza v strave zahrnutá vyváženým spôsobom – má dôležité vlastnosti: uľahčuje rýchle zásobovanie mozgu a svalov glukózou. Po konzumácii jedál či nápojov s obsahom sacharózy sa spája zlepšenie mentálnej agilnosti, pamäti, reakčného času a pozornosti, ako aj so znížením pocitu únavy, mladých a starších zdravých ľudí a tiež u pacientov s Alzheimerovou chorobou (Candela, Milla, 2013).

1.1.5 Vplyv na zdravie

Nadmerná konzumácia cukrov a tukov je jednou z hlavných príčin obezity, ktorá je hlavným rizikovým faktorom kardiovaskulárnych ochorení, cukrovky, ochorení pohybového aparátu a niektorých druhov rakoviny (Rzechonek et al., 2017). Dva hlavné zdroje cukru v spracovaných produktoch na trhu sú sladené nápoje a sladké pekárenské výrobky (Sahin et al., 2019). Nárast nadmernej spotreby cukru je taký evidentný, že v rôznych krajinách sa uplatňuje daň na nealkoholické sladené nápoje. Hoci sa na pekárenské výrobky ešte neuplatňuje zdravotná daň, niet pochyb o tom, že zníženie cukru je veľmi žiadané. Svetová zdravotnícka organizácia odporúča znížiť príjem voľných cukrov na menej ako 10 % celkového energetického príjmu pre dospelých a deti (Castelló et al., 2021). Podľa údajov WHO o obezite malo v roku 2014 na celom svete nadváhu viac ako 1,9 miliardy dospelých. Šesťsto miliónov z nich bolo obéznych, čo je 13 % dospeljej populácie. Problém narastá aj u detí, pričom 41 miliónov z nich na celom svete je diagnostikovaných ako obéznych alebo s nadváhou. Obezita a jej následky nie sú jediné zdravotné riziká spojené s nevhodnou stravou. Zvyšujúca sa konzumácia sladkých jedál a nápojov je tiež kľúčovým faktorom, ktorý vedie k epidémii zubného kazu. Zubný kaz postihuje odhadom 60–90 % detí a takmer 100 % dospelých na celom svete. Zníženie príjmu sacharózy a fruktózy môže byť zdraviu prospešné, ale je ťažké to dosiahnuť kvôli evolučne podmienenej túžbe po cukre (Rzechonek et al., 2017). Okrem toho nadmerná konzumácia cukru súvisí s problémami duševného zdravia, ako je napr. zlá kognitívna funkcia či depresia (Sahin et al., 2019).

1.2 Pečivo

Pekárskym výrobkom sa rozumie výrobok získaný tepelnou úpravou ciest alebo hmôt, ktorých sušina je s výnimkou trvanlivého a jemného pečiva zo šľahaných hmôt, proteínových a čisto zrných výrobkov a bezlepkových pekárskych výrobkov v prevažujúcom podiele tvorená mlynskými obilnými výrobkami (Vyhláška č. 18/2020 Sb.

o požiadavkách na mlynské obilné výrobky, cestoviny, pekárske výrobky a cukrárske výrobky a cestá).

1.2.1 Druhy pečiva

Podľa Vyhlášky č. 18/2020 Sb. Prílohy č. 8 sa pečivo delí do 4 skupín: chlieb, bežné pečivo, jemné pečivo a trvanlivé pečivo.

Chlebom sa rozumie pekársky výrobok kyprený kvasom alebo droždím, poprípade ich kombináciou, v tvare veku, bochníku alebo formy, o hmotnosti najmenej 400 g s výnimkou krájaného chleba a netradičných typov chleba, ktorých hmotnosť môže byť nižšia.

Bežným pečivom sa rozumie pekársky výrobok vyrobený z pšeničnej múky alebo iných mlynských obilných výrobkov a ďalších zložiek, ktorý obsahuje menej ako 8 % bezvodého tuku a menej než 5 % cukru, vzťahnuté na celkovú hmotnosť použitých mlynských obilných výrobkov.

Jemným pečivom sa rozumie pekársky výrobok vyrobený z pšeničnej múky alebo iných mlynských obilných výrobkov a ďalších zložiek, ktorý obsahuje najmenej 8 % bezvodého tuku alebo najmenej 5 % cukru, vzťahnuté na celkovú hmotnosť použitých mlynských obilných výrobkov, poprípade plnený rôznymi náplňami pred pečením alebo plnený po upečení džemom, lekvárom, ovocnou pomazánkou alebo náplňami, ktoré sú mikrobiálne stabilné za bežných podmienok uvádzania na trh, alebo povrchovo upravené.

Trvanlivým pečivom sa rozumie pekársky výrobok vyrobený z pšeničnej múky alebo iných mlynských obilných výrobkov a ďalších zložiek, s obsahom vody najviac 10 % a u perníkov, praclíkov a trvanlivých tyčínok s obsahom vody najviac 16 %, poprípade plnený rôznymi náplňami, ktoré sú stabilné za podmienok uvádzania na trh, alebo potáhaný alebo povrchovo upravený (Vyhláška č. 18/2020 Sb. o požiadavkách na mlynské obilné výrobky, cestoviny, pekárske výrobky a cukrárske výrobky a cestá).

1.2.2 Výroba jemného pečiva

V Európe je jemné pečivo obľúbeným občerstvením, ktoré konzumujú pri rôznych príležitostiach všetky generácie. Obsahuje však veľa tukov, cukrov a má pomerne vysokú energetickú hodnotu (Zacharová et al., 2018). Bežným sladkým občerstvením sú pekárske výrobky, ako sú sušienky, muffiny alebo buchty. Najmä muffiny sú veľmi obľúbené pre ich jemnú textúru a skvelú chuť (Karp et al., 2016). Vedecká optimalizácia pekárskych a cukrárskych procesov si vyžaduje objasnenie elementárnych mechanizmov prenosu tepla a vody, a stanovenie vzťahov medzi teplotou a vnútorným obsahom vody a konečnými

úžitkovými vlastnosťami pečených výrobkov (Lostie et al., 2002). Cesto jemného pečiva je komplexná emulzia tuku vo vode zložená zo zmesi vajec, cukru, vody a tuku (Martínez-Cervera et al., 2012). Pri procese výroby jemného pečiva sa vykonáva krok nazývaný krémovanie. Tento krok zahŕňa miešanie tuku a cukru za vysokej rýchlosti, ešte pred pridaním, ďalších prísad. Tuk obklopuje kryštály cukru a chráni tým cukor pred rozpustením vo vodnej fáze. Vzduchovo-tuková pena je stabilizovaná, a to vedie k vyššej kapacite zadržiavania plynu v systéme cesta. Zaisťuje sa tým homogénnou distribúciou jemných plynových buniek a zvyšuje sa stabilita štruktúry, čo vedie k väčšiemu objemu pečiva (Sahin et al., 2019). Konečný produkt sa vyznačuje typickou poréznu štruktúrou a vysokým špecifickým objemom (Karp et al., 2016). Tuk a olej sa používajú na dosiahnutie jemnejšej štruktúry a na zabránenie pocitu sucha v ústach. Sacharóza prispieva k sladkej chuti, poskytuje značnú časť objemu v ceste, napomáha pečivu k dostatočnej vlhkosti a obmedzuje napučovanie škrobu, čo pomáha vytvárať jemnejšiu štruktúru (Martínez-Cervera, Salvador, Sanz, 2014).

1.2.3 Význam cukru pri výrobe pečiva

Cukor patrí medzi hlavné zložky pri výrobe pekárskeho produktu, hneď po múke je najdôležitejšou surovinou. Najbežnejšie používaným cukrom pri pečení je práve sacharóza (Kweon et al., 2009). Znižovanie obsahu cukru či jeho nahrádzanie vie byť veľmi náročné, obzvlášť v pečive, pretože cukor interaguje so všetkými zložkami, ako napr. voda, škrob, bielkoviny, droždie či tuk. Odrážajúc molekulárne interakcie na vlastnostiach kvality produktov rôznych druhov pečiva, cukor tiež prispieva k reakciám hneďnutia a predĺženiu mikrobiálnej trvanlivosti (Sahin et al., 2019). Pre hneďnutie kôrky je sacharóza veľmi dôležitá. Hoci sacharóza nie je redukujúci cukor, pri pôsobení tepla sa rozkladá na fruktózu a glukózu. Tieto monosacharidy redukujú cukor a podieľajú sa na Maillardovom hneďnutí. Sacharóza tiež podlieha karamelizácii pri vysokých teplotách a vytvára hnedú farbu (Milner et al., 2020). Počas výroby pečiva cukor podporuje prevzdušnenie cesta, čo vedie k typickej mäkkej striede pečiva. Taktiež prispieva k procesu rozširovania cesta počas pečenia a zvyšuje praskanie povrchu v dôsledku rekryštalizácie. Cukor zastáva nielen funkciu zabezpečovania chuti či príchuť, ale prispieva aj k technologickým vlastnostiam ako je štruktúra, pocit v ústach, skladovateľnosť, pružnosť a farba sladkých pekárenských výrobkov (Sahin et al., 2019). Sacharóza je hydrokopolická a má vysokú afinitu k vode (Milner et al., 2020). V dôsledku toho sa molekuly cukru okamžite viažu na vodu tvorbou vodíkových väzieb. Táto interakcia spôsobuje zníženie vodnej aktivity produktov bohatých

na cukor (Sahin et al., 2019). To má za následok zvýšenie viskozity cesta, čo je dôležité, pretože to pomáha zadržiavať bubliny plynu, čím sa zväčšuje konečný objem pečiva (Milner et al., 2020). Nižšia aktivita vody zasa podporuje predĺženú životnosť mikroorganizmov, pretože na rast mikroorganizmov je potrebná voľne dostupná voda. Okrem toho cukor ovplyvňuje termodynamické vlastnosti vody. Teplota varu roztoku cukor-voda sa zvyšuje a bod tuhnutia sa znižuje so zvyšujúcim sa množstvom cukru za atmosférických podmienok. Je to založené na skutočnosti, že vodíkové väzby medzi molekulami cukru a vodou stabilizujú molekuly vody. Navyše pridanie cukru do vody mení jej konzistenciu a vedie k zvýšeniu viskozity roztoku (Sahin et al., 2019).

Pšeničná múka obsahuje 8 až 13,5 % bielkovín, ktoré zahŕňajú glykoproteíny, globulíny, gliadíny, gluteníny a albumíny. Hydratácia bielkovín spôsobuje agregáciu gliadínov a glutenínov, čo vedie k tvorbe lepkovej siete. Lepok je jednou z najštruktúrovanejších surovín v pekárskych výrobkoch. Ako už bolo spomenuté, cukor má vysokú afinitu k vode. O vodu súperia s cukrom makromolekuly, ako je škrob, ale aj bielkoviny. Z tohto dôvodu prídavok cukru spôsobuje spomalenie rozvoja lepkovej siete a oslabuje proteínovú sieť v dôsledku menej voľne dostupnej vody, čo má za následok mäkkú textúru, ktorá je typická pre sladké pečivo. Pri pečení cukor na rozdiel od interakcie so škrobom výrazne neovplyvňuje teplotu zrážania bielkovín. Cukor narúša tvorbu štruktúry škrobu ako aj bielkovín. Škrob je dlhý reťazec molekúl glukózy, ktoré sú navzájom spojené α -(1-4)-glykozidovými väzbami v amylose a ďalšími α -(1-6)-glykozidovými väzbami v amylopektíne. V procese lepenia sú škrobové granule závislé od voľnej dostupnej vody, aby napučali a nakoniec želatinovali. Prítomnosť cukru v roztoku škrobu znižuje stupeň hydratácie škrobu a jeho napučiavanie v dôsledku vysokej afinity cukru k vode. Je zaujímavé, že tuk má rovnaký účinok ako cukor na správanie sa škrobu a lepku. Pokrýva proteínové molekuly a škrobové granule hydrofóbnymi interakciami, a preto inhibuje hydrolýzu škrobu a proteínu vodou. V prítomnosti veľkého množstva cukru tuk tiež pokrýva častice cukru a zabraňuje rozpusteniu cukru vo vode. Okrem toho je cukor schopný zvýšiť emulgáciu vytvorením väzieb s lipidmi, najmä v produktoch s nízkou vlhkosťou, ako sú sušienky. Hlavná úloha cukru v muffinách je stabilizácia vzduchovo-tukovej peny a zvýšenie objemu u konečného produktu (Sahin et al., 2019).

2 SLADIDLÁ A ICH VLASTNOSTI

Sladká chuť bola vždy jedna z najdôležitejších chutí pre ľudstvo, napriek tomu, že sladkosť je často spájaná len s prírastkom na váhe alebo zubnými kazmi. Je úplne prirodzené, že už od útleho detstva človek uprednostňuje sladkú chuť pred ostatnými základnými chuťami, najmä vďaka prítomnosti vyššieho obsahu laktózy v materskom mlieku (4-5 % v kolostre, 7 % v zrelom materskom mlieku), a hoci sa to vekom môže meniť, je stále jednou z najžiadanejších chutí. Sladidlá vstúpili do potravinárskeho priemyslu už v 18. storočí a teraz patria medzi základné potraviny (Carocho, Morales, Ferreira, 2017). Sladidlo je akákoľvek prírodná alebo syntetická alternatíva cukru, ktorá dodáva jedlu a nápojom sladkú chuť a ovplyvňuje, prípadne redukuje množstvo prijatej energie. Sladidlá sú potravinárske látky s rôznou chuťou, úrovňou sladivosti a stabilitou (Stefan et al., 2019). Sladidlá, ako schválené prídavné látky, môžu byť rozdelené podľa vlastností alebo pôvodu. Bežne sa delia aj z hľadiska ich nutričnej hodnoty alebo sladivosti. Je možné ich teda rozdeliť na sladidlá výživové a nevýživové alebo na sladidlá syntetické a prírodné. Klasifikácia podľa výživovej hodnoty je používaná medzi riadiacimi orgánmi ako je EFSA (Carocho, Morales, Ferreira, 2017). Sladidlá sú z chemického hľadiska rôznorodé, ide o cukorné alkoholy, prírodné a syntetické sladidlá či proteíny so sladkou chuťou (Beltrami, Döring, De Dea Lindner 2018).

Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 zo 16. decembra 2008 o prídavných látkach v potravinách ustanovuje osobitné podmienky pre sladidlá v Článku 7. Prídavná látka v potravinách sa môže zaradiť do zoznamu Spoločenstva uvedeného v prílohe II do funkčnej skupiny sladidiel, iba ak okrem jedného alebo viacerých účelov uvedených v článku 6 ods. 2 slúži aj na jeden alebo viaceré z týchto účelov:

1. náhrada cukrov pri výrobe potravín so zníženou energetickou hodnotou, nekariogénnych potravín alebo potravín bez pridaných cukrov; alebo
2. náhrada cukrov, ak to umožní predĺžiť trvanlivosť potraviny, alebo
3. výroba potravín určených na osobitné výživové účely, ako sa uvádza v článku 1 ods. 2 písm. a) smernice 89/398/EHS.

Ďalej v prílohe 1 uvádza, že „sladidlá“ sú látky, ktoré sa používajú na dodanie sladkej chuti potravinám alebo ako stolové sladidlá (Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 zo 16. decembra 2008 o prídavných látkach v potravinách).

2.1 Polyoly (výživové sladidlá)

Cukorné alkoholy, inak aj polyoly, sú v chémii definované ako deriváty sacharidov, v ktorých je ketónová alebo aldehydová skupina nahradená hydroxylovou skupinou. Patria do skupiny nutričných sladidiel s energetickou hodnotou, ktorá sa nerovná nule ale je nižšia ako u sacharózy (Msomi, Erukainure, Islam, 2021). Polyoly môžu byť vďaka svojej sladkej chuti a nízkej energetickej hodnote použité samostatne alebo v zmesi s inými sladidlami. Ich absorpcia v tenkom čreve kolíše medzi 2 – 90 %, pričom nevstrebávaný zvyšok je následne fermentovaný mikroflórou hrubého čreva. Najčastejšie používanými polyolmi v potravinách sú napríklad sorbitol, xylitol, maltitol, izomalt, laktitol, manitol či erytritol. Energetická hodnota je odlišná pre každý polyol, najnižšia je u erytritolu (0,8 kJ/100 g) a najvyššia u sorbitolu (10,9 kJ/100 g) (Quitral et al., 2019). Vďaka ich podobnosti s cukrom (v sladkej chuti a fyzikálnych vlastnostiach), sa polyoly používajú ako sladidlá v nízkokalorických potravinách, ako sú pečivo, žuvačky, cukríky, diétne nápoje, tyčinky a čokoláda označených „bez pridaného cukru“, „so zníženým obsahom cukru“ alebo „bez cukru“. Polyoly sú okrem toho cennými potravinárskymi prísadami aj vďaka svojim funkčným vlastnostiam; používajú sa ako plnivá, zvlhčovadlá, zvýrazňovače chuti, texturizačné činidlá, chladiace činidlá a pre ich mikrobiologickú stabilitu, ktorá predlžuje trvanlivosť produktov sladkej chuti (Scettri, Schievano, 2022). Taktiež sa využívajú ako zmäkčovadlá alebo inhibítory kryštalizácie. Niektoré z polyolov sú často využívané aj v produktoch ústnej a zubnej hygieny kvôli ich preukázaným a relevantným priaznivým účinkom. Sú to látky pevného skupenstva, bielej farby, rozpustné vo vode, ktoré sa prirodzene nachádzajú vo veľmi malých množstvách v niektorých druhoch ovocia a zeleniny. Sú komerčne vyrábané hydrogenačnou reakciou (Msomi, Erukainure, Islam, 2021).

Tabuľka 1 Vlastnosti cukorných alkoholov (Tiefenbacher, 2017)

Vlastnosť/Polyol	Erytritol	Xylitol	Sorbitol	Izomalt	Sacharóza
Počet uhlíkov	4	5	6	12	12
Molekulová hmotnosť (g/mol)	122	152	182	344	342
Bod topenia (°C)	121	94	97	145 - 150	190
Glykemický index	0	13	9	9	68
Tepelná stabilita (°C)	>160	>160	>160	>160	<150
Rozpustnosť (% w/w pri 25 °C)	37	64	71	28	67
Hygroskopicita	veľmi nízka	nízka	vysoká	nízka	stredná
Relatívna sladivosť (%)	60	100	40 - 50	50	100

2.2 Umelé sladidlá (nevýživové sladidlá)

Nevýživové sladidlá, tiež známe ako umelé alebo necukorné sladidlá, sú syntetické látky, ktoré sú využívané na nahradenie cukru počas procesu sladenia niekoľko rôznych druhov produktov. Tiež sa označujú ako intenzívne sladidlá, pretože vykazujú vyššiu sladivosť ako sacharóza. Používanie syntetických sladidiel sa stalo populárnym v posledných 40 rokoch. V súčasnosti sa používajú v širokej škále spracovaných potravín, ako sú sladkosti, konzervy, mliečne výrobky a nápoje (Castro-Muñoz et al., 2022). Tieto sladidlá majú sladkú chuť, sú šetrné k zubom a nepodporujú rast mikroorganizmov v ústnej dutine a sú nápomocné pri znižovaní energetického príjmu. Umelé sladidlá možno klasifikovať ako polosyntetické (napr. neohesperidín dihydrochalkón) a syntetické umelé sladidlá (napr. acesulfám draselný, aspartám, cyklamáty, neotam, sacharín a sukralóza) (Bhattacharya, 2023). Musia byť schválené špecializovanými agentúrami, ako je Spoločný výbor expertov pre FAO/WHO pre potravinárske prídavné látky (JECFA), Európsky úrad pre bezpečnosť potravín (EFSA) a Úrad pre potraviny a liečivá (FDA), ktoré vyhodnocujú ich bezpečnosť či rizikovosť. Toto hodnotenie spočíva aj v stanovení prijateľného denného príjmu (ADI), ktorý je podľa JECFA definovaný ako „množstvo prídavnej látky v potravinách, ktorú môže človek, na

základe jeho telesnej hmotnosti, konzumovať denne aj počas celého života bez rizika“ (Quitral et al., 2019). Je dôležité povedať, že ADI je 100-krát nižšia ako bezpečná dávka preukázaná v laboratórnych štúdiách (Ibrahim, 2016). Niektoré z týchto sladidiel sú spotrebiteľmi spochybňované z hľadiska bezpečnosti napriek tomu, že používané sladidlá prešli dôkladným prijímacím postupom zo strany potravinových úradov. V Európskej Únii sú v súčasnosti povolené tieto sladidlá: acesulfám draselný, aspartám, aspartám-acesulfámová soľ, cyklamáty, sacharín, sukralóza, taumatín, neohesperidín DC, steviol-glykozidy, neotam a advantám. V Spojených štátoch sú to: sacharín, aspartám, acesulfám draselný, sukralóza, neotam a advantám – všetky sú schválené FDA (Tiefenbacher, 2017). V praxi sa umelé sladidlá zvyčajne kombinujú do zmesí s inými sladidlami, aby sa spríjemnila sladkosť výrobkov a najmä aby sa prekryla často mierne horká chuť niektorých umelých sladidiel (Arshad et al., 2022).

Tabuľka 2 Sladivosť rôznych sladidiel v porovnaní so sacharózou (Bhattacharya, 2023)

Sladidlo	Sladivosť (%)
Sacharóza	1
Cyklamáty	30
Aspartám	180
Acesulfám draselný	200
Steviol-glykozidy	300
Neohesperidín dihydrochalkón	1800
Taumatín	2000 – 3000
Neotam	8000
Advantám	20,000

2.3 Vybrané sladidlá využívané pri výrobe pečiva

2.3.1 Acesulfám draselný

Všeobecné informácie, vlastnosti a použitie

Acesulfám draselný bol objavený v roku 1967 (Moorodian et al., 2017) nemeckým výskumníkom Karlom Claussom. V roku 1988 bol v USA schválený FDA ako potravinárska prídavná látka (Belton, Schaefer, Guiney, 2020). Je schválený v mnohých krajinách sveta pre širokú škálu aplikácií (Tiefenbacher, 2017) ako prídavná látka do potravín s E-kódom E950 (Carocho, Morales, Ferreira, 2017). Na rozdiel od polyolov sa táto zlúčenina

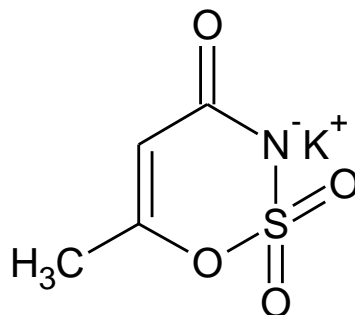
metabolizuje v ľudskom tele, preto má prípustný denný príjem (ADI) 15 mg/kg telesnej hmotnosti/deň (Carocho, Morales, Ferreira, 2017) a z toho 95 % môže byť úplne vylúčených močom po prechode ľudským tráviacim systémom (Cao et al., 2020).

Acesulfám K funguje najlepšie pri pH 3 – 7. Je stabilný v suchom stave aj pri vysokých teplotách, a preto môže sladidlo odolať teplotám, ktoré sa vyskytujú počas pečenia, sterilizácie a pasterizácie. Nápoje obsahujúce acesulfám K môžu byť pasterizované za normálnych podmienok pasterizácie bez straty sladkosti. Sterilizácia je možná bez strát za normálnych podmienok (t.j. teplota pri 100 °C pre produkty s nižšími hodnotami pH a 121 °C pre produkty okolo a > pH 4). Pri UHT a mikrovlnnej úprave je acesulfám K stabilný (Dhartiben, Aparnathi, 2017). Je to biely, nehygroskopický kryštalický produkt. Nemá definovanú teplotu topenia, jeho rozklad však začína pri teplote vyššej ako 200 °C. Acesulfám K je ľahko rozpustný vo vode a tvorí číry roztok. Je len málo rozpustný v organických rozpúšťadlách, ako je metanol, etanol a glycerol. Skladovateľnosť čistého pevného acesulfámu K sa zdá byť pri izbovej teplote takmer neobmedzená (Dhartiben, Aparnathi, 2017). Je 200-krát sladší ako sacharóza. Pocit sladkej chuti sa prejaví veľmi rýchlo a pomaly mizne. Má mierne horkastú pachuť, najmä vo vysokých koncentráciách (Majewski et al., 2020). Je synergický, preto sa používa v zmesiach s inými sladidlami pre zlepšenie sladkého chuťového profilu (Beltrami, Döring, De Dea Lindner 2018).

Acesulfám K sa používa v pečive, cereáliách, sladkostiach, cukrovinkách, marmeládach, konzervách a ovocí, žuvačkách a ako stolové sladidlo (do kávy a iné) (Carocho, Morales, Ferreira, 2017).

Chemická štruktúra a výroba

Acesulfám, chemicky oxatiazínodioxid (6-metyl-1,2,3-oxatiazín-4(3H)-ón-2,2,dioxid alebo 3,4-dihydro-6-metyl-1,2,3-oxatiazín-4 -ón-2,2-dioxid), má určitú štruktúrnú podobnosť so sacharínom. Atóm vodíka na dusíku je dosť kyslý (pH ~2) a ľahko tvorí soli. Predáva sa ako draselná soľ, preto sa často označuje ako „acesulfám-K“. Jeho molekulový vzorec je C₄H₄NO₄SK. Vyrába sa chemickou deriváciou z kyseliny acetoctovej a čistí sa rekryštalizáciou (Dhartiben, Aparnathi, 2017).



Obrázok 2 Chemická štruktúra acesulfámu draselného

Vplyv na zdravie

Je potenciálne karcinogénny. Vedci zistili, že u myši acesulfám K vo vysokých koncentráciách interaguje s DNA, čo vedie k poškodeniu buniek. Vedľajšie účinky chronického užívania zahŕňajú poruchy tráviaceho systému, poruchy centrálného nervového systému, bronchitídu a ochorenia pečene (Majewski et al., 2020).

2.3.2 Erytritol

Všeobecné informácie, vlastnosti a využitie

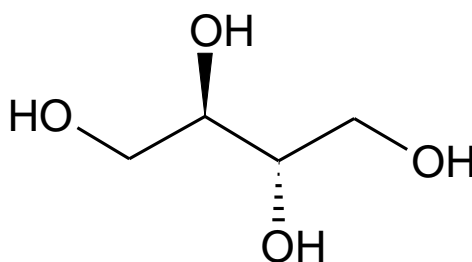
Erytritol sa prirodzene vyskytuje v ovocí (hrozno, hrušky, melón), v zelenine, mede a morských riasach a získava sa prirodzeným procesom fermentácie. Je to prísada, ktorá sa používa na nahradenie sacharózy v mnohých produktoch, ako sú pečené výrobky (koláče, sušienky, sušienky), nápoje so zníženým obsahom kalórií, mliečne výrobky, čokoláda, cukríky (Stefan et al., 2019). Erytritol je možné nájsť aj v biologických tekutinách ľudí a zvierat, ako napríklad v tkanive očnej šošovky, v sére, v plazme, vo fetálnej tekutine či v moči (Carly, Fickers, 2018). Hoci bol erytritol prvýkrát izolovaný v roku 1852, trvalo to až do roku 1990, kým bol v Japonsku uvedený na trh ako nové prírodné sladidlo (Boesten et al., 2015). Je používaný menej ako iné cukorné alkoholy z dôvodu jeho relatívne vysokej ceny. V Spojených štátoch bol uznaný ako GRAS orgánom FDA v roku 2001. V roku 2003 ho schválila aj Európska Únia ako bezpečnú prídavnú látku do potravín a bol mu pridelený E- kód E986. V roku 2006 bol v EÚ dodatočne uznaný aj ako látka vhodná na samostatnú konzumáciu (Rzechonek et al., 2017). JECFA v roku 1999 nešpecifikovala ADI pre erytritol. Energetická hodnota erytritolu je 0,84 kJ/g, čo predstavuje len 5 % energetickej hodnoty sacharózy. V EÚ a v Japonsku je možné erytritol označiť ako „bez energetickej hodnoty“ (Tiefenbacher, 2017).

Erytritol je biely, nehygroskopický prášok v kryštalickej forme. Jeho teplota topenia je 121°C. Je tepelne stabilný pri spracovaní potravín. Chuťovo je veľmi dobre porovnateľný so sacharózou. Erytritol má výrazný chladivý účinok pri rozpúšťaní v ústach, najmä v kombinácií s jemnejšími tukmi (Tiefenbacher, 2017). Je veľmi dobre miešateľný do zmesí s umelými sladidlami, ako je acesulfám draselný a aspartám alebo inými polyolmi, t.j. sorbitolom a xylitolom alebo inými sladidlami, ako je stévia, pre získanie chuti podobnej sacharóze (Grembecka, 2015).

Možnosti jeho použitia sa stále rozširujú. Je možné ho kúpiť samostatne, v zmesi s inými polyolmi, nachádza sa aj v kozmetike či v liekoch. Jeho použitie v potravinách je schválené vo viac ak 60 krajinách, vrátane Európy, USA, Japonska, Kanady, Mexika, Brazílie, Argentíny, Turecka, Ruska, Číny, Indie, Austrálie či Nového Zélandu (Regnat, Mach, Mach-Aigner, 2018). Používa sa ako stolové sladidlo, v sladených nápojoch, žuvačkách, čokoláde, cukríkoch či v pekárenských výrobkoch (Boesten et al., 2015).

Chemická štruktúra a výroba

Erytritol, v chémii aj 1,2,3,4-butánnetetrol (Boesten et al., 2015). Je to cukorný alkohol so 4 uhlíkmi s molekulovým vzorcom $C_4H_{10}O_4$ (Stefan et al., 2019). Je to symetrická molekula, existuje teda len v jednej forme – mezo forme. Komerčne sa vyrába fermentáciou v spracovanej zelenine, fermentovaných potravinách a nápojoch (Msomi, Erukainure, Islam, 2021).



Obrázok 3 Chemická štruktúra erytritolu

Vplyv na zdravie

Metabolický profil erytritolu je jedinečný. Okrem toho má vysokú tráviacu toleranciu, pretože nemá laxatívny účinok (Martínez-Cervera, Salvador, Sanz, 2014). Erytritol je klasifikovaný ako netoxický (Gao et al., 2017). Je dobre stráviteľný a neovplyvňuje hladinu glukózy v krvi (Msomi, Erukainure, Islam, 2021), a teda je bezpečný pre diabetikov

(Rzechonek et al., 2017). Uvádza sa tiež, že erytritol chráni endotelové bunky za hyperglykemických podmienok. Štúdie in vitro ukázali, že erytritol je vynikajúci lapač radikálov s vlastnosťami chrániacimi membránu (Grembecka, 2015). Vďaka špecifickej molekulárnej štruktúre (prítomnosť štyroch hydroxylových zvyškov) môže erytritol pôsobiť aj antioxidačne (Rakicka-Pustułka et al., 2020).

2.3.3 Izomalt

Všeobecné informácie, vlastnosti a použitie

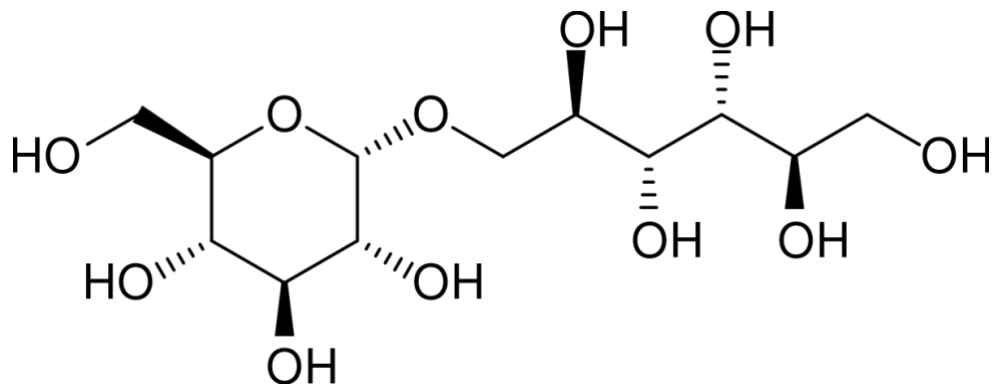
V Európe je dostupný od začiatku 80. rokov 20. storočia. ADI pre izomalt bola v roku 1985 stanovená JECFA ako „nešpecifikovaná“ (Grembecka, 2015). V USA je považovaný za GRAS, v EÚ je schválený ako bezpečný a v mnohých ďalších krajinách po celom svete (Tiefenbacher, 2017). Izomalt je zahrnutý v britskom, európskom a americkom liekopise, ako aj v japonských farmaceutických pomocných látkach (Tuderman, Strachan, Juppo, 2018). Izomaltu bol pridelený E-kód E953 (Carocho, Morales, Ferreira, 2017).

V kombinácii s inými cukornými alkoholmi alebo s vysoko intenzívnymi sladidlami má synergické účinky, pôsobí aj antikariogénne (Msomi, Erukainure, Islam, 2021). Fyzikálno-chemické vlastnosti má veľmi podobné sacharóze. Pri použití izomaltu nedochádza k Maillardovým reakciám (Lipiainen et al., 2016). GPM kryštalizuje s 2 mol vody, zatiaľ čo GPS kryštalizuje bez vody. Z tohto dôvodu izomalt obsahuje asi 5 % kryštalickej vody (Bolhuis, Engelhart, Eissens, 2009). Vyznačuje sa nízkou absorpciou vlhkosti, vysokou stabilitou, vysokou toleranciou, nízkou energetickou hodnotou a čistou sladkosťou. Izomalt je neredukujúci, stabilný a nehydrolyzuje v silne kyslých a zásaditých podmienkach (Jia et al., 2022). Používa sa ako prídavná látka najmä vďaka nízkemu glykemickému indexu a nízkej energetickej hodnote (Pourmohammadi et al., 2018). Energetická hodnota izomaltu je 8,36 kJ/g. Je odolný voči strate sladkosti počas zahrievania, preto je ideálny na použitie do výrobkov, ktoré sú vystavené vysokým teplotám. Je to biela kryštalická látka bez zápachu. Na rozdiel od iných polyolov neposkytuje chladivý účinok v ústach. Okrem jeho funkcie sladidla, plní funkciu aj plnidla, proti hrudkujúceho činidla a leštidla. Topí sa pri 145°C–150°C. Vo svojom profile sladkosti je dobre porovnateľný so sacharózou (Tiefenbacher, 2017).

Používa sa v potravinárskom a farmaceutickom priemysle (Lipiainen et al., 2016). Ide o širokú škálu produktov: cukrovinky, čokolády, pečivo, farmaceutické a funkčné produkty vrátane tvrdých cukríkov, potáhaných tabliet, lízaniek, žuvačiek, mentoliek, kvapiiek proti kašľu, pastiliek do krku, čokolády, sušienky či obľátky (Nadian et al., 2021).

Chemická štruktúra a výroba

Izomalt je zmes dvoch izomérených disacharidových alkoholov, a to glukosorbitolu a glukomanitolu (alfa-D-glukopyranozyl-alfa-(1-6)-sorbitolu a alfa-D-glukopyranozyl-alfa-(1-6)-manitolu) (Martínez-Cervera, Salvador, Sanz, 2014) v rovnakom molekulárnom pomere. Vonkajšia priestorová konformácia molekuly izomaltu má veľký počet hydrofilných skupín molekuly hydroxylových radikálov (jedna molekula izomaltu obsahuje deväť molekúl hydroxylových radikálov). Tieto hydroxylové radikály sa môžu viazať s molekulami vody v potravinovom systéme prostredníctvom vodíkových väzieb, ktoré sú slabšie ako interakcia medzi vodou a iónmi a sú podobné vodíkovým väzbám medzi molekulami vody. Izomalt teda môže zabrániť tomu, aby sa molekuly škrobu spojili s vodou konkurenčným inhibičným spôsobom a zmenili pastové vlastnosti škrobu. Ešte dôležitejšie je, že veľké množstvo hydroxylových radikálov molekúl izomaltu môže viazať molekuly škrobu a proteínu na posilnenie sieťovej štruktúry lepku (Jia et al., 2022). Izomalt je jediný polyol vyrobený zo sacharózy (Bolhuis, Engelhart, Eissens, 2009), cez izomaltulózu (palatinózu) zo sacharózy (Tiefenbacher, 2017). Vďaka tomu je izomalt chemicky a enzymaticky stabilnejší ako sacharóza (Msomi, Erukainure, Islam, 2021).



Obrázok 4 Chemická štruktúra izomaltu

Vplyv na zdravie

Uvádza sa, že izomalt vykazuje vysoké laxatívne účinky. Je to spôsobené vyššou osmotickou záťažou čreva, ktorá zvyšuje koncentráciu vody v čreve (Sahin et al., 2019). Jeho nadmerné použitie spôsobuje nadúvanie brucha, plynatosť a bolesti žalúdka. Nezvyšuje hladinu glukózy v krvi ani inzulínu (Msomi, Erukainure, Islam, 2021). Izomalt nespôsobuje zubný kaz, pretože ho ústne baktérie nedokážu ľahko premeniť na kyseliny, ktoré kazy tvoria. Preto po konzumácii izomaltu nevznikajú kyslé podmienky, ktoré vedú k

demineralizácii zubov, ako po konzumácii cukru a iných fermentovateľných sacharidov. Okrem toho je dokázané, že izomalt nemôže byť orálnymi baktériami premenený na polyglukán, látku, z ktorej sa syntetizuje zubný povlak (Kini, Rathnanand, Kamath, 2011). Podobne ako iné polyoly, produkty sladené izomaltom teda môžu byť označené ako „bezpečné pre zuby“ (Tiefenbacher, 2017).

2.3.4 Sorbitol

Všeobecné informácie, vlastnosti a použitie

Sorbitol je jedným z najrozšírenejších cukorných alkoholov. Prvýkrát bol objavený v plodoch *Sorbus aucuparia* (jarabina vtáčia) z čeľade *Rosaceae*. Sorbitol sa syntetizuje v listoch a je transportovaný do plodov cez floém nosičmi cukru (Fang et al., 2019). U čeľadi *Rosaceae* predstavuje hlavný fotosyntetický produkt, jeho metabolizmus je silne spojený s kvalitou a výnosom plodov (Li et al., 2018). Sorbitol je široko dostupný a pomerne lacný cukorný alkohol (Furtwengler, Avérous, 2018). Ovocie s najvyšším obsahom sorbitolu je jablko (Aprea et al., 2017). Prirodzene sa vyskytuje ale v mnohých kôstkových plodoch a bobuliach zo stromov rodu *Sorbus* (Godswill, 2017). Prvé odporúčanie do diabetických potravín dostal sorbitol už v roku 1929 (Msomi, Erukainure, Islam, 2021). JECFA v roku 1982 nešpecifikovala limit ADI pre sorbitol. V USA je považovaný za GRAS a je schválený v EÚ a v mnohých ďalších krajinách po celom svete. V Európe sa značím E-kódom E420. V súčasnosti má najvyšší podiel na trhu zo všetkých polyolov (Tiefenbacher, 2017).

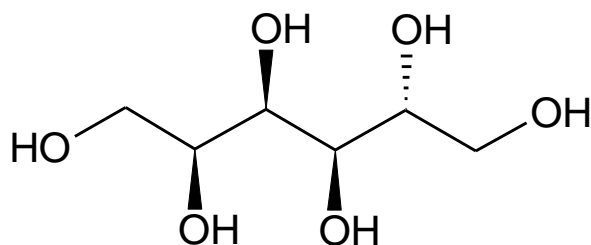
Sorbitol má 50-60 % sladkosť, v porovnaní so sacharózou (100 %). Jeho energetická hodnota je 10,8 kJ/g. Má zvlhčujúce vlastnosti, takže za určitých podmienok relatívnej vlhkosti dokáže udržiavať vlhko (Chysirichote, Utaipatanacheep, Varayanond, 2011). Má nekariogénne vlastnosti (Msomi, Erukainure, Islam, 2021). Je to hygroskopický, kryštalický biely prášok. Topí sa pri 97 °C a má vynikajúcu tepelnú stabilitu pri spracovaní potravín. Rozpustnosť vo vode má najvyššiu zo všetkých polyolov, a preto okrem prášku sa bežne distribuuje aj vo forme 70 % roztoku vo vode. Je dobrým zvlhčovadlom, ale pomerne ľahko kryštalizuje. Stabilita pri pečení je veľmi dobrá a nedochádza k Maillardovej reakcii či karamelizácii. Sorbitol má pri rozpúšťaní v ústach výrazný chladivý účinok (Tiefenbacher, 2017).

Používa sa ako potravinárska, lieková či kozmetická prísada a taktiež na výrobu chemikálií (Furtwengler, Avérous, 2018). Často je využívaný v diétnych potravinách (vrátane nápojov a zmrzliny), mentolkách, sirupoch proti kašľu a žuvačkách bez cukru (Godswill, 2017). Používa sa na nutričné účely vo výrobkoch určených pre diabetikov (Msomi, Erukainure,

Islam, 2021). Jeho použitie v potravinárskom priemysle je rozsiahle: sladidlo, zvlhčovač, texturizátor a zmäkčovač. Taktiež sa využíva v zubných pastách ako sladidlo alebo emulgátor (Marques et al., 2016).

Chemická štruktúra a výroba

Sorbitol má molekulový vzorec $C_6H_{14}O_6$ (Marques et al., 2006). Vyrába sa priemyselne z glukózy získanej zo škrobu a z invertovaného cukru (Martínez-Cervera, Salvador, Sanz, 2014) katalytickou hydrogenáciou plynným vodíkom a niklovým katalyzátorom pri vysokých teplotách. V alkalických podmienkach sa vyrába elektrochemickou redukciou dextrózy (Msomi, Erukainure, Islam, 2021).



Obrázok 5 Chemická štruktúra sorbitolu

Vplyv na zdravie

Nadmerné požitie sorbitolu môže viesť k plynatosti, bolestiam brucha či hnačke (Msomi, Erukainure, Islam, 2021). Je to laxatívum, a to je práve dôvodom, prečo je obmedzená náhrada cukrom sorbitolom vo veľkom. Laxatívny účinok začína od 15 g ako jednorazovej dávky alebo pri dávkach 20 – 40 g/deň. Pokiaľ je obsah laxatívnych polyolov v potravine 10 % alebo viac, v EÚ je nutné varovné označenie takéhoto výrobku (Tiefenbacher, 2017). Sorbitol je podobne ako iné polyoly, bezpečný pre zuby (Marques et al., 2016).

2.3.5 Xylitol

Všeobecné informácie, vlastnosti a použitie

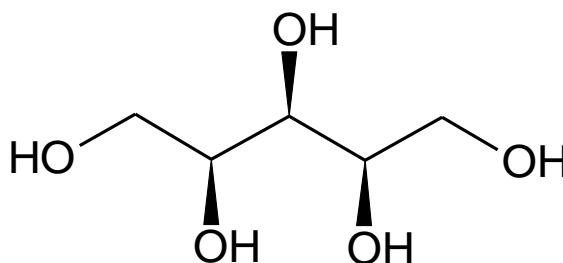
Xylitol, na rozdiel od iných polyolov, je výnimkou a dá sa povedať, že je rovnako/porovnateľne sladký ako sacharóza (Sahin et al., 2019). Slovo „xylitol“ odvodené z gréckeho slova „xylo“ znamená drevo a „itol“ je prípona označujúca cukorné alkoholy. Xylitol je alkoholová zlúčenina, ktorá sa prirodzene vyskytuje v rastlinách a je produkovaná niektorými baktériami a hubami (Benahmed et al., 2020). Nachádza sa vo veľmi malom

množstve v ovocí a zelenine (slivky, jahody, karfiol a tekvica) (Ur-Rehman et al., 2013). Xylitol bol prvýkrát izolovaný v roku 1890 vo forme sirupu z bukového dreva. Jeho objaviteľom bol nemecký vedec Emil Fischer (nositeľ Nobelovej ceny za chémiu z roku 1902) (Arcaño et al., 2018). Vzhľadom na zriedkavé vedľajšie účinky nebola stanovená jeho ADI (Majewski et al., 2020). WHO JEFCA v roku 1983 nešpecifikovala ADI pre xylitol. Xylitol je v Spojených štátoch považovaný za GRAS. Je schválený v EÚ, s číslom potravinárskej prídavnej látky E 967 a v mnohých ďalších krajinách (Tiefenbacher, 2017). Xylitol zanecháva v ústach pocit chladu a sviežosti (Majewski et al., 2020). Má nižšiu energetickú hodnotu (10 kJ/g) v porovnaní so sacharózou (17 kJ/g) (Msomi, Erukainure, Islam, 2021). Je ľahko rozpustný vo vodných roztokoch, nakoľko má päť hydroxylových skupín, vďaka ktorým má veľkú afinitu k vode. Stabilita xylitolu nie je ovplyvnená pH, preto ho možno použiť v širokom rozsahu pH (1-11) (Arcaño et al., 2018) Zvyšuje tvorbu slín, čím zvyšuje aj čistenie zubov a znižuje bakteriálnu záťaž v ústach (Carocho, Morales, Ferreira, 2017). Xylitol je biely, hygroskopický, kryštalický prášok. Topí sa pri teplote asi 92 °C – 96 °C a má vynikajúce pH a tepelnú stabilitu pri spracovaní potravín. Xylitol je hygroskopický, viac ako sacharóza, ale menej v porovnaní so sorbitolom. Stabilita pri pečení je veľmi dobrá a nedochádza k zhnednutiu (Maillardova reakcia). Je synergický so sorbitolom a maltitolom (Tiefenbacher, 2017).

Xylitol má využitie minimálne v troch typoch priemyselných odvetví, a to v potravinárskom (pre diétne účely, najmä v cukrárnach a žuvačkách), odontologickom (kvôli jeho antikariogénite, tvrdnutiu zubov a remineralizačným vlastnostiam) a farmaceutickom (pre jeho šetrnosť k zubom, schopnosť prevencia zápalu ucha, infekcií uší a horných dýchacích ciest a možnosť jeho použitia ako sladidla v sirupoch, tonikách a vitamínových prípravkoch). Taktiež je vhodný pre diabetikov, keďže jeho metabolizmus nie je závislý od inzulínu. Okrem toho je považovaný za funkčnú potravinu vďaka svojej prebiotckej povahe (Ur-Rehman et al., 2013). V potravinárskom a farmaceutickom priemysle sa najčastejšie používa ako nízkoenergetické sladidlo, ale aj ako emulgátor, stabilizátor, zvlhčovač, zahusťovač. Ukázalo sa tiež, že má pozitívny vplyv na senzorické vlastnosti nízkoenergetických syrov. Ide o jednu z najčastejšie používaných náhrad, ktorá je dostupná v mnohých formách (Majewski et al., 2020). Najbežnejšia aplikácia xylitolu na celom svete je v žuvačkách bez cukru, pretože je veľmi výhodná vďaka svojim organoleptickým vlastnostiam, dobrej rozpustnosti a kontrolovateľnej kryštalizácii. Používa sa tiež v cukríkoch, želatínach, želé, čokoládach, zmrzlínach, jogurtoch a širokej škále cukrárskych výrobkov (Arcaño et al., 2018).

Chemická štruktúra a výroba

Xylitol má molekulový vzorec $C_5H_{12}O_5$ (Ur-Rehman et al., 2013), inak chemicky ide o ((2R,3R,4S)-pentán-1,2,3,4,5-pentol) (Benahmed et al., 2020). Záujem o komercializáciu xylitolu začal vzrastať v období druhej svetovej vojny kvôli nedostatku cukru. Izoloval sa z brezového dreva a z toho dôvodu sa mu začalo hovoriť aj „brezový cukor“, hoci xylitol môže byť vyrobený z akéhokoľvek zdroja, ktorý je bohatý na xylózu (Arcaño et al., 2018). Primárnou surovinou na výrobu xylitolu sú hemicelulózy hydrolyzáty (Benahmed et al., 2020). Komerčne sa xylitol môže vyrábať chemicky alebo biotechnologickými procesmi. Chemická výroba je nákladná a rozsiahla v čistiacich krokoch. Biotechnologická metóda však využíva poľnohospodárske a lesnícke odpady, ktoré ponúkajú možnosti ekonomickej výroby xylitolu znížením potrebnej energie (Ur-Rehman, 2013).



Obrázok 6 Chemická štruktúra xylitolu

Vplyv na zdravie

Xylitol má množstvo pozitívnych účinkov, avšak jeho nadmerná konzumácia môže negatívne ovplyvniť ľudské zdravie. Má laxatívny účinok, aj keď tolerancia sa líši od človeka k človeku. Jeho nadmerná konzumácia môže mať za následok dočasné gastrointestinálne vedľajšie účinky, ako je nadúvanie, plynatosť a hnačka (Msomi, Erukainure, Islam, 2021). Xylitol je nefermentovateľný cukrový alkohol „priateľský k zubom“. Pre zdravie zubov má najviac výhod zo všetkých polyolov (Godswill, 2017).

3 VÝHODY A NEVÝHODY NÁHRADY CUKRU SLADIDLAMI PRI VÝROBE PEČIVA

3.1 Výhody

Potravinársky priemysel používa v pekárenských výrobkoch rôzne alternatívy podobné sacharóze (Castelló et al., 2021). Zlúčeniny, ktoré nahrádzajú cukor, ale poskytujú veľmi málo alebo žiadnu energiu a sú mnohokrát sladšie ako sacharóza, takže sa dajú aplikovať vo veľmi malých množstvách – inak aj nízkoenergetické alebo nenuutričné sladidlá. Ďalšou veľkou skupinou náhrad cukru sú polyoly. Ich potravinová energia je približne dvakrát nižšia ako u sacharózy a sú tiež menej sladké (Rzechonek et al., 2017). Používanie potravín sladených cukrovými alkoholmi prinieslo v posledných rokoch stupňujúci sa záujem, pretože niektoré cukorné alkoholy nezvyšujú hladinu glukózy v plazme. Sú čiastočne trávené a metabolizované. Zistilo sa, že polyoly sú vhodnou náhradou cukru pre zdravý životný štýl a diabetické potraviny (Msomi, Erukainure, Islam, 2021). Čiastočné nahradenie cukru polyolmi v sladkom pečive vykazuje sľubné výsledky: ovplyvňujú želatinizáciu škrobu a viskozitu rovnakým spôsobom ako sacharóza. Okrem toho, polyoly spomaľujú mikrobiálny rast, a to vedie k predĺženej skladovateľnosti. „Stevianna“, inak teda zmes v zložení: 98-99 % erytritolu a 1-2 % rebaudiozidu A, ktorá je vyrábaná na Novom Zélande, preukazuje dobré výsledky týkajúce sa textúrnych a sensorických vlastností v jemnom pečive, pri nahradení 50 % pridaného cukru, v konečnom produkte obsah cukru tvoril teda len 10 %. Pri celkovej náhrade cukru (20 %) dochádzalo k zlým fyzikálno-chemickým vlastnostiam v kombinácii s horkastou pachut'ou, odpudzujúcim vzhľadom, zvýšenou tvrdosťou a suchým pocitom v ústach (Sahin et al., 2019).

3.2 Nevýhody

V súčasnosti sa na zníženie množstva cukru v spracovaných potravinách hľadajú stratégie, ktoré umožňujú formulovať sladké jedlá so sladidlami bez alebo s veľmi nízkym energetickým príjmom, a to práve nahradením cukru rôznymi sladidlami. Sensorická kvalita potravín však môže byť ovplyvnená okrem iných charakteristík, ako je vlhkosť, textúra a trvanlivosť (Quitral et al., 2019).

Sladké pečivo patrí medzi tzv. komfortné jedlá, ktorých typickou vlastnosťou je sladká chuť a atraktívny vzhľad. Ľudia s depresiou majú tendenciu konzumovať tento druh potravín, pretože majú upokojujúce účinky. Pokyny týkajúce sa zdravej výživy neodporúčajú ich

konzumáciu z dôvodu ich nutričného zloženia: vysoký obsah energie, nasýtených mastných kyselín, trans-tukov, cukrov, sodíka a nízky obsah vlákniny (De Nucci et al., 2022). Sladké potraviny či pečivo s nízkym obsahom energie obsahujúce sladidlá namiesto cukru však neznižujú chuť do jedla a túžbu po sladkých potravinách (Kováčiková et al., 2010). Medzi spotrebiteľmi sú často považované za sladidlá s nežiaducou pachutťou alebo za sladidlá spojené so zdravotnými problémami (Zacharová et al., 2018).

Ďalšou z nevýhod umelých sladidiel je ich výrazne sladká chuť, ktorá sa veľmi odlišuje od sacharózy. Z tohto dôvodu sa často kombinujú s inými zlúčeninami. Prebieha aj diskusia o ich vplyve na zdravie. Podozrenie na karcinogenitu sa nepreukázalo, no v posledných rokoch sa objavili publikácie poukazujúce na iné škodlivé vplyvy. Sacharín, aspartám a sukralóza môžu ovplyvniť zloženie črevnej flóry, čo vedie k negatívnym dôsledkom pre celý organizmus (Rzechonek et al., 2017).

Po pridaní do potravín, ktoré sú vystavované vysokým teplotám, môžu sladidlá spôsobovať nežiaduce interakcie a rozkladať sa na zlúčeniny, ktoré môžu byť škodlivé alebo mať nežiaduce vlastnosti pre potravinový systém, v ktorom sú obsiahnuté (Da Silva Santana et al., 2022). Nadmerný alebo nerozumný príjem sladidiel ako prídavných látok v potravinách však spôsobuje nežiaduce problémy v dôsledku akumulácie v ľudskom tele. Hoci sladidlá zohrávajú nezastupiteľnú úlohu v každodennom živote a tie, ktoré sú povolené na použitie v potravinách, sú schválené ako bezpečné, napriek tomu niektorí vedci zostávajú skeptickí voči dlhodobým zdravotným hrozbám spojeným s ich konzumáciou. Sladidlá s pôvodom v prírode (polyoly), ktoré dodávajú určitý obsah energie, môžu byť silným dôvodom mnohých degeneratívnych ochorení, ak sa konzumujú vo veľkých množstvách. Spotrebiteľia z celého sveta hlásili množstvo vedľajších účinkov, nakoľko spotreba syntetických sladidiel bez energetickej hodnoty prekračuje odporúčané dávky. Symptómy zahŕňajú zmeny nálady, bolesti hlavy, nevoľnosti, vracanie, alergie a dokonca sa diskutuje o možnom vplyve nadmernej konzumácie sladidiel na vznik rakoviny (Chen, 2013).

II. PRAKTICKÁ ČASŤ

4 CIEĽ PRÁCE

Cieľom tejto diplomovej práce bolo naštudovať a spracovať odbornú literatúru na tému:

- charakteristika sacharózy,
- charakteristika a rozdelenie pečiva,
- charakteristika sladidiel a ich rozdelenie,
- spracovať výhody a nevýhody nahradzovania cukru sladidlami v pečive,

d ďalším cieľom bolo vyrobiť niekoľko druhov jemného pečiva – muffín, ktoré sa od seba odlišujú použitím rozdielneho sladidla. Následne stanoviť vplyv rôznych druhov sladidiel na kvalitu tohto pečiva – vplyv na špecifický objem, straty pečením a textúru. Cieľom v textúrnej analýze bolo stanoviť nasledujúce parametre: tvrdosť, súdržnosť, pružnosť, žuvateľnosť a priľnavosť.

5 CHARAKTERISTIKA POUŽITÝCH SUROVÍN PRI VÝROBE JEMNÉHO PEČIVA – MUFFÍN

Pri laboratórnej výrobe vzoriek jemného pečiva – muffín, boli použité nasledujúce suroviny:

- Hladká múka: GoodMills Professional, Múka pre profesionálov, Múka hladká pšeničná svetlá T530, 5 kg balenie, výrobca: GoodMills Česko s.r.o., Českomoravská 2420/15, 190 00 Praha 9



Obrázok 7 Hladká múka (<https://mouky.heureka.cz/goodmills-professional-mouka-hladka-psenicna-svetla-t530-5000-g/#prehled/>)

- Trvanlivé mlieko polotučné: Aro, Trvanlivé mlieko polotučné, UHT, homogenizované, objem 1 l, MADETA a. s., RUDOLFOVSKÁ TR. 246/83, ČESKÉ BUDĚJOVICE, 370 01



Obrázok 8 Trvanlivé mlieko polotučné (<https://family-market.sk/mlieko-trvanlive-uht-1-5-1l-aro-product-18615>)

- Slniečnicový olej: Aro, Slniečnicový olej, rastlinný jedlý olej jednodruhový, objem 1 l, NT Kft. Hungary, 6100 Kiskunfélegyháza, district VIII. 04/94.



Obrázok 9 Slnecnicový olej (<https://www.milerad.sk/olej-a-ocot/1559-aro-slnecnicovy-olej-11-4337182122548.html>)

- Vajcia: Aro, ČESKÁ VEJCE CZ, a.s., Zdislavice 214, 257 64 Zdislavice, Česká republika, 60 kusů tříděných vajec, 1.třída jakosti A, vejce nosnic v klecích



Obrázok 10 Vajcia (<https://sortiment.makro.cz/cs/aro-vejcem-60ks-cv/113069p/>)

- Acesulfám draselný: FAN Práškové stolní sladidlo na bázi acesulfamu K 250 g, značka Fan, F&N dodavatelé s.r.o., Tišice 225, 277 15, Tišice, Česká republika



Obrázok 11 Acesulfám draselný (<https://www.drmax.cz/fan-praskove-stolni-sladidlo-na-bazi-acesulfamu-k-250-g>)

- Cukor: Cukrovar Vrbátky a.s. 798 13 Vrbátky č.p. 65 Česká republika



Obrázok 12 Cukor (<https://www.albertdomuzdarma.cz/shop/Trvanlive/Peceni-a-prisady-na-vareni/Cukry-sladidla-sirupy/Bily-cukr/Vrbatky-Cukr-krupice/p/26105055>)

- Sorbitol: Fan sladidlo Sorbit potravinářský 100g, značka Fan, F&N dodavatelé s.r.o., Tišice 225, 277 15, Tišice, Česká republika



Obrázok 13 Sorbitol (<https://www.fan-eshop.cz/praskova-sladidla/fan-sorbit-praskove-sladidlo-100-g.html>)

- Erytritrol: Erytritrol stolní sladidlo, značka Fan, F&N dodavatelé s.r.o., Tišice 225, 277 15, Tišice, Česká republika



Obrázok 14 Erytritrol
(<https://www.dietashopbrno.cz/eshop/erythritol-doza/>)

- Izomalt: Food colours IZOMALT/ISOMALT 250 g, značka Food colours Ul. Ronalda Reagana 14, 97-300 Piotrków Trybunalski



Obrázok 15 Izomalt (<https://www.vsenadorty.cz/polevy--slehacky--ostatni/izomalt-250-g-fc/>)

- Xylitol: BIRCHSUGAR ORIGINAL Cukr březový Xylitol 500g, zem pôvodu Maďarsko, výrobca neuvedený



Obrázok 16 Xylitol (<https://www.zdravavyzivaklanovice.cz/birchsugar-original-cukr-brezovy-xylytol-500g-7210/>)

- Kyselina citrónová: Kyselina citrónová, jemně krystalická do potravin, Dr.Oetker, s.r.o., Americká 2335, Kladno, PSČ: 27201, Česká republika



Obrázok 17 Kyselina citrónová (<https://www.oetker.sk/sk-sk/nase-vyroby/zavaranie/pripravky-na-zavaranie/kyselina-citronova-maxi>)

- Jedlá sóda: ARO JEDLÁ SODA 25X15G, Kávoviny, a.s. Jana Palacha 515, Zelené Předměstí, 530 02 Pardubice



Obrázok 18 Jedlá sóda (<https://sortiment.makro.cz/cs/aro-jedla-soda-25x15g/216127p/>)

- Soľ: Jedlá sůľ kamenná s jodem, výrobce a dodavatel: K+S Czech Republic a.s., závod Solné mlýny, Sladkovského č.p. 234/47, 77911 Olomouc-Holice, Česká republika



Obrázok 19 Soľ (<https://sortiment.makro.cz/cs/solne-mlyny-sul-kamenna-12x1kg-/117988p/>)

Použitá receptúra bola podľa Martínez-Cervera, Salvador, Sanz (2014), jednotlivé zložky sú uvedené v Tabuľke 3. Všetky uvedené suroviny sú v gramoch. Celkovo bolo vytvorených 6 šarží – v každej bolo použité rôzne sladidlo vždy o rovnakej gramáži. Každá šarža bola vyrobená z 200 g múky a podľa toho bola následne modifikovaná aj receptúra. Z takého množstva bolo zakaždým vyrobených 12 vzoriek z jednotlivých šarží.

Tabuľka 3 Použitá receptúra (Martínez-Cervera, Salvador, Sanz, 2014)

Ingrediencie	Množstvo (g)
Múka pšeničná	100
Vaječný žltok	27
Vaječný bielok	54
Mlieko	50
Sladidlo/sacharóza	100
Slnečnicový olej	46
Sóda bikarbóna	4
Kyselina citrónová	3
Kuchynská soľ	1,5

6 POPIS A POSTUP VÝROBY JEMNÉHO PEČIVA – MUFFÍN

Výroba vzoriek – muffín bola zahájená prvým krokom, a to navážením surovín. K tomuto kroku bola využitá digitálna váha značky KERN EW (Česká republika) Max. 1500 g Min. $0,5\text{g} \pm 0,01\text{g}$, kde 1500 g vyjadruje rozsah váženia, tj. maximálne zaťaženie; 0,5g vyjadruje minimálne zaťaženie; s presnosťou 0,01 g. Ďalej boli k tomuto kroku využité bežné laboratórne pomôcky ako lyžice či misky. Na naváženie konkrétnych vzoriek v každej šarži boli použité rovnaké formy určené na pečenie muffín od značky Inter IKEA Systems B.V. o priemere 7 cm.

Každá šarža vzoriek bola pripravená nasledujúcim postupom:

1. Podľa danej receptúry boli navážené všetky potrebné množstvá surovín.
2. Ako prvé sa šľahali vaječné bielky na maximálnej rýchlosti (stupeň Max) pomocou elektrického kuchynského robota ETA Maxipasta po dobu 2 minút.
3. Následne bol pridaný cukor/sladidlo a opäť bola zmes šľahaná na najvyššej rýchlosti (stupeň Max) po dobu 30 sekúnd.
4. Ďalej boli do zmesi pridané vaječné žĺtka, polovica objemu naváženého mlieka a kyselina citrónová. Potom bola zmes šľahaná na polovičnej rýchlosti (stupeň 3) po dobu 1 minúty.
5. Nasleduje pridanie sypkých surovín do zmesi (múka, jedlá sóda a soľ). Pred pridaním je nutné tieto suroviny premiešať v jednej miske medzi sebou.
6. Zmiešané sypké suroviny (múka, soľ, jedlá sóda) boli pridané do zmesi. Po dobu 30 sekúnd šľahané na najmenej rýchlosti (stupeň 1), potom bola rýchlosť šľahania zvýšená na polovičnú rýchlosť (stupeň 3) a šľahanie prebehlo po dobu 1 minúty.
7. V tomto kroku bol do zmesi pridaný zvyšok mlieka a olej. Zmes bola ďalej šľahaná na vyššej rýchlosti (stupeň 4) po dobu 3 minút.



Obrázok 20 Vzorky muffín pred upečením

8. Po šľahaní v robotovi bola zmes rozdelená do 12 foriem. Tieto formy boli uložené na plechu do 3 radov po 4 formy v každom rade. V každej forme bolo nadávkované $50 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$ zmesi.
9. Takto pripravené vzorky boli vložené do predom vyhriatej trúby Miwe cube:air (Česká republika), kde boli ponechané pri 175°C po dobu 14 minút.
10. Po upečení bolo nutné vzorky nechať chladnúť po dobu 1 hodiny.

Každá šarža muffín bola upečená presne rovnakým postupom s jediným rozdielom, a to že v každej šarži bolo v 3. kroku použité iné sladidlo. V prvej šarži bola použitá sacharóza, v druhej šarži acesulfám draselný, v tretej šarži erytritrol, v štvrtej šarži izomalt, piata šarža obsahovala sorbitol a šiesta šarža obsahovala xylitol.

7 POPIS A POSTUP PRI TESTOVANÍ HOTOVÝCH VÝROBKOV – MUFFÍN

Po vychladnutí boli všetky vzorky zvážené pre vypočítanie strát pri pečení. Z každej šarže boli následne použité 2 vzorky na zmeranie špecifického objemu. Na textúrnu analýzu boli použité 5 vzoriek.

7.1 Straty pečením

Straty pečením bola prvá analýza meraná hneď po vychladnutí vzoriek. Na túto analýzu bola použitá digitálna váha značky KERN EW (Česká republika). Každá vzorka bola vážená dvakrát. Prvýkrát hneď po nadávkovaní ešte neupečenej zmesi do formy, druhýkrát už po upečení a vychladnutí vzorky. Následne boli pomocou matematického vzorca vypočítané straty hmotnosti vzorky pečením, a to nasledovným spôsobom:

$$Z = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1} \right) \cdot 100$$

kde:

m_1 [g] – hmotnosť vzorky pred upečením

m_2 [g] – hmotnosť vzorky po upečení

Z [%] – straty hmotnosti vzorky po upečení

Straty hmotnosti vzorky boli vypočítané v percentách.

7.2 Špecifický objem

Druhou meranou analýzou bol špecifický objem. Táto analýza funguje na veľmi podobnom princípe ako je princíp Archimedovho zákona: Teleso ponorené do kvapaliny je nadľahčované vztlakovou silou, ktorej veľkosť sa rovná tiaži kvapaliny telesom vytlačenej. V tomto prípade však nejde o kvapaliny, ale o to koľko granulátu vytlačí upečená vzorka – muffin, z odmerného valca. Stanovenie sa vykonávalo nasledovne: za pomoci odmerného valca o objeme 250 ml a odmernej nádoby o objeme 2 000 ml. Odmerná nádoba sa naplnila plastovým granulátom až po okraj. V druhom kroku bola do tejto nádoby vložená meraná vzorka, ktorá bola zasypaná granulátom po okraj. Čiastočky granulátu, ktoré boli vzorkou vytlačené boli ďalej zmerané v odmernom valci. Táto hodnota bola zapísaná do tabuľky. Z každej šarže boli merané 2 vzorky a pre každý z nich sa meranie vykonalo trikrát. Takto

odmerané objemy a hmotnosti po upečení boli nasledovne použité pre výpočet špecifického objemu v jednotkách ml.g^{-1} . Následne bol pomocou matematického vzorca vypočítaný špecifický objem pre merané vzorky, a to nasledovným spôsobom:

$$v = \frac{V}{m}$$

kde:

v [ml.g^{-1}] – špecifický objem

m [g] – hmotnosť vzorky po upečení

V [ml] – objem pečiva

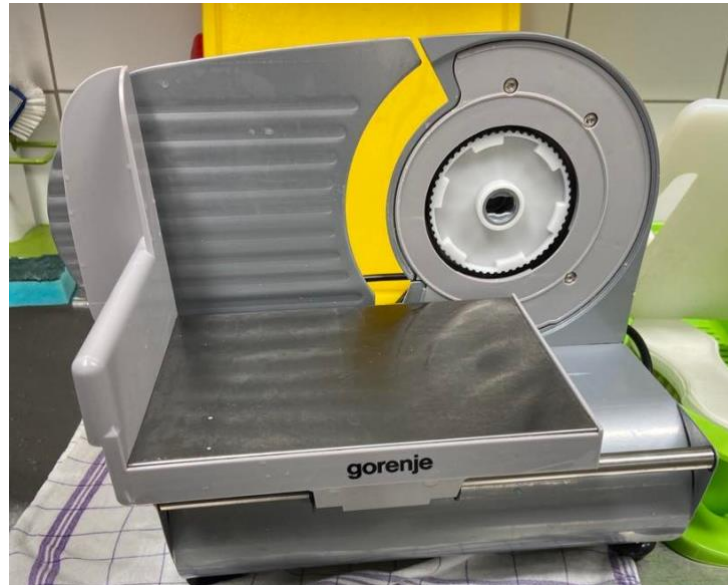


Obrázok 21 Meranie špecifického objemu

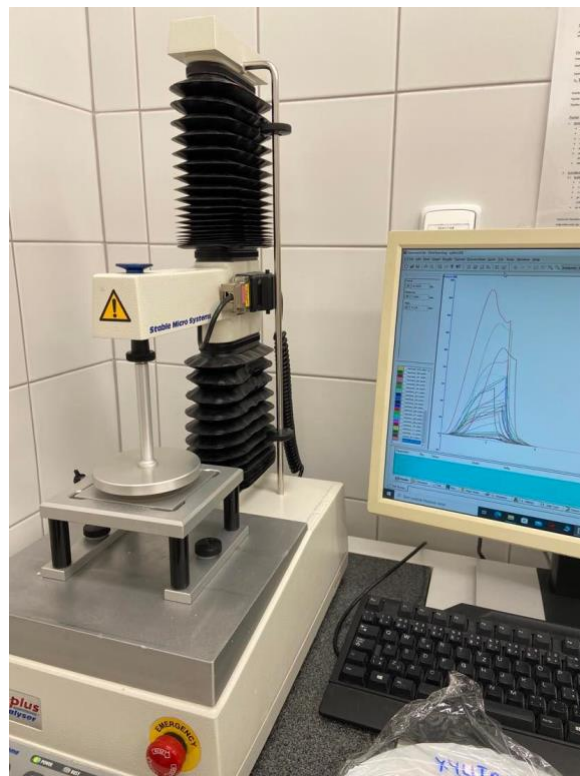
7.3 Textúrna analýza

Tretia analýza, ktorej boli vzorky muffín podrobené bola TPA – textúrna profilová analýza. Z každej šarže bolo použitých 5 vzoriek muffín, pri čom vzorky boli vertikálne rozrezané na rovnakú šírku, a to 10 mm za pomoci rezacieho stroja značky Gorenje. Zo stried boli vyrezané výkroje v tvare kruhu o priemere 35 mm. Kôrky boli od vzoriek oddelené. Z každej vzorky muffiny boli vykrojené 2 – 3 vzorky pripravené na analýzu. Analýza bola prevedená za pomoci texturometra TA.XTPlus od firmy Stable Micro Systems, UK. Texturometer bolo

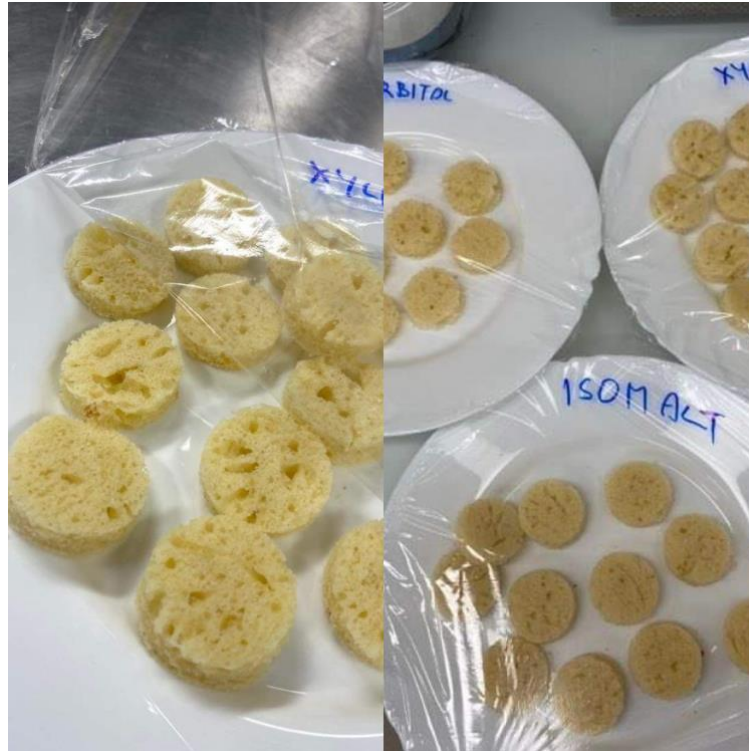
nutné najskôr nakalibrovať na vlastnosti pečiva. Na analýzu bola použitá sonda v tvare kruhu o priemere 50 mm. Merané parametre v tejto analýze boli: tvrdosť, súdržnosť, pružnosť, žuvateľnosť, priľnavosť.



Obrázok 22 Rezací prístroj značky Gorenje



Obrázok 23 Texturometer TA.XTPlus



Obrázok 24 Vzorky pripravené na textúrnu analýzu

7.4 Štatistické vyhodnotenie výsledkov

Na štatisticky preukázateľné rozdiely medzi vzorkami boli výsledky vyhodnotené v programe Microsoft Excel za pomoci analytických nástrojov – jednofaktorovej analýzy rozptylu (ANOVA single factor). Hladina významnosti bola $\alpha = 0,05$, čo znamená, že je 5 % pravdepodobnosť, že sa urobí chyba I. druhu (nulová hypotéza platí, ale zamietne sa), čiže vykonaný test je na 95 % správny. Výsledky sú vložené vždy do tabuľky, v ktorej sú rozdelené podľa druhu použitého sladidla v šarži. Tabuľka obsahuje priemer meraní a ich rozptyl. Pre každý parameter v textúrnej analýze bolo vyhodnotených 10 meraní z každej šarže, pre špecifický objem to bolo 6 meraní a pre straty pečením bolo vyhodnotených 12 meraní. Pre každý parameter v textúrnej analýze po 7 dňoch skladovania bolo vyhodnotených 6 meraní, nakoľko ostatné vzorky nebolo možné použiť znovu.

8 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Táto kapitola obsahuje 8 podkapitol, pri čom každá obsahuje štatisticky vyhodnotené výsledky z konkrétneho meraného parametru – straty pečením, špecifický objem, tvrdosť, súdržnosť, pružnosť, žuvateľnosť a príľnavosť.

8.1 Straty pečením

Hmotnostné straty pečením vo výrobkoch sú spôsobené odparením vody počas pečenia. Z nameraných hodnôt (tabuľka 4) sa dá vyčítať, že straty pečením sa vo výrobkoch pohybovali od 6,79 % do 10,61 %. Najvyššie namerané hodnoty boli u vzoriek, kde bolo použité sladidlo izomalt – 10,61 %. Najmenšie namerané hodnoty boli u vzoriek, kde bolo použité sladidlo erytritol – 6,79 %.

Štatisticky významné podobnosti boli nájdené u vzoriek so sladidlom sorbitolu – 9,10 %, xylitolu 9,16 % a so sacharózou – 9,23 %. Dalo by sa teda povedať, že práve použitie sorbitolu a xylitolu je v tomto prípade najpodobnejšie sacharóze, pokiaľ hovoríme o hmotnostných stratách pri pečení.

To potvrdzuje aj Majewski et al. (2020), že xylitol spĺňa podmienky nato, aby bol nazývaný ekvivalentnou náhradou sacharózy. Najvyššie preukázané štatisticky významné rozdiely boli medzi vzorkami s použitím erytritolu v porovnaní so vzorkami s použitím izomaltu, sacharózy či sorbitolu. Štatisticky vyšší rozdiel bol aj medzi vzorkami s použitím acesulfámu draselného v porovnaní so vzorkami s použitím izomaltu, sacharózy či sorbitolu.

Podľa štúdie od Martínez-Cervera et al. (2012) mali vzorky so sacharózou stratu pri pečení až 14 % hmotnosti. V štúdiu od Lee et al. (2020) vzorky so sacharózou, kde ale boli rôzne pomery múk, sa straty pohybovali medzi 10 – 16 %.

Tabuľka 4 Hmotnostné straty pečením [%] pre merané vzorky

Druh sladidla	Priemer
Acesulfám draselný	7,53 ± 0,17 ^a
Erytritol	6,79 ± 0,77 ^b
Izomalt	10,61 ± 0,25 ^c
Sacharóza	9,23 ± 0,17 ^d
Sorbitol	9,10 ± 0,33 ^e
Xylitol	9,16 ± 0,24 ^{de}

Rozdielne písmená znamenajú, že sa vzorky štatisticky líšia na hladine významnosti 5 %.

8.2 Špecifický objem

Zo vzoriek boli namerané a vypočítané hodnoty špecifického objemu (tabuľka 5), ktoré sa pohybovali od 2,08 ml·g⁻¹ do 3,01 ml·g⁻¹. Štatisticky vyšší rozdiel bol medzi vzorkami s použitím izomaltu v porovnaní so vzorkami so sorbitolom. Štatisticky najmenší rozdiel bol medzi vzorkami so xylitolom a sorbitolom. Štatisticky vyšší rozdiel bol aj medzi vzorkami s acesulfámom draselným a sorbitolom.

Najnižšia nameraná hodnota bola u muffín s použitím sladidla izomalt, a to 2,08 ml·g⁻¹. Najvyššia nameraná hodnota bola u muffín s použitím sladidla sorbitol, a to 3,01 ml·g⁻¹. K tejto hodnote sa priblížila hodnota 2,82 ml·g⁻¹, ktorá bola nameraná u muffín s použitím sladidla xylitol. Nameranej hodnote vzoriek so sacharózou 2,59 ml·g⁻¹ sa najviac priblížili vzorky s erytritolom, a to s nameranou hodnotou 2,45 ml·g⁻¹.

Podobné výsledky vyšli aj v štúdiu od Quitral et al. (2019). Výsledky sa taktiež zhodujú so štúdiou od Lee et al. (2020). Hodnoty sorbitolu a xylitolu sú najvyššie, a to potvrdzuje Majewski (2020), že tieto polyoly zväčšujú objem produktu a zároveň znižujú jeho energetickú hodnotu.

Tabuľka 5 Špecifický objem [$\text{ml} \cdot \text{g}^{-1}$] pre merané vzorky

Druh sladidla	Priemer
Acesulfám draselný	$2,29 \pm 0,03^a$
Erytritol	$2,45 \pm 0,03^{ab}$
Izomalt	$2,08 \pm 0,05^c$
Sacharóza	$2,59 \pm 0,06^b$
Sorbitol	$3,01 \pm 0,03^d$
Xylitol	$2,82 \pm 0,01^d$

Rozdielne písmená znamenajú, že sa vzorky štatisticky líšia na hladine významnosti 5 %.



Obrázok 25 Objem vzoriek muffín po upečení

8.3 Tvrdosť

Tvrdosť je definovaná ako maximálna sila prvého kompresného cyklu, dôležitá mechanická charakteristika, ktorá je spojená s elastickým a čerstvým prevzdušneným produktom (Chiş et al., 2020). Meranie tohto parametra bolo súčasťou textúrnej analýzy.

Zo vzoriek boli namerané hodnoty (tabuľka 6) od 3,54 N do 9,49 N. Štatisticky významne vyšší rozdiel bol medzi vzorkami so sorbitolom a izomaltom. Štatisticky vyšší rozdiel bol aj medzi vzorkami so sacharózou a erytritolom, taktiež medzi vzorkami so sacharózou a izomaltom a medzi vzorkami so sorbitolom a erytritolom. Štatisticky menej významný rozdiel bol medzi vzorkami s erytritolom a izomaltom a medzi vzorkami s acesulfámom a xylitolom.

Najnižšia nameraná hodnota bola u vzoriek so sorbitolom, a to 3,54 N, t.j. tieto vzorky muffín boli najmäkkšie. Taktiež táto hodnota je najbližšie k nameranej hodnote zo vzoriek so sacharózou, kde ide o hodnotu 3,65 N. Najvyššia nameraná hodnota bola u muffín s použitím sladidla izomalt, a to 9,49 N, t.j. tieto vzorky muffín boli najviac tvrdé.

Podobné výsledky môžeme vidieť v štúdiu od Martínez-Cervera et al. (2012). Podľa Tiefenbacher (2017) majú niektoré polyoly vysoké zvlhčujúce schopnosti, čo sa môže prejaviť na tvrdosti produktov. Sorbitol a sorbitolové sirupy patria medzi vynikajúce zvlhčovadlá. Výsledky vzoriek so sacharózou sú podobné výsledkom v štúdiu od Lee et al. (2020).

Tento parameter bol meraný na vzorkách aj po určitej dobe skladovania v termostate – 7 dní pri stálej teplote 20 °C. Zo vzoriek boli namerané hodnoty (tabuľka 7) od 13,53 N do 101,65 N. Medzi všetkými vzorkami boli štatisticky významné rozdiely. Jedine vzorky so sorbitolom a xylitolom boli štatisticky menej rozdielne.

Najnižšie nameraná hodnota bola u vzoriek so sorbitolom, a to 13,53 N. Aj po týždni skladovania boli tieto vzorky relatívne mäkké. Najvyššia nameraná hodnota bola práve u vzoriek so sacharózou, a to 101,65 N. Tejto hodnote sa žiadne zo sladidiel ani nepriblížilo. Túto skutočnosť potvrdzuje Tiefenbacher (2017), a to že polyoly výrazne zvlhčujú produkty. K predĺženej skladovateľnosti rozhodne vedie aj to, že polyoly spomaľujú mikrobiálny rast (Sahin et al., 2019).

Tabuľka 6 Tvrdosť [N] pre merané vzorky v čase 0

Druh sladidla	Priemer
Acesulfám draselný	3,98 ± 0,18 ^a
Erytritol	8,25 ± 1,18 ^b
Izomalt	9,49 ± 1,27 ^c
Sacharóza	3,65 ± 0,13 ^d
Sorbitol	3,54 ± 0,10 ^d
Xylitol	4,01 ± 0,18 ^a

Rozdielne písmená znamenajú, že sa vzorky štatisticky líšia na hladine významnosti 5 %.

Tabuľka 7 Tvrdosť [N] pre merané vzorky po 7 dňoch skladovania

Druh sladidla	Priemer
Acesulfám draselný	50,08 ± 202,90 ^a
Erytritol	40,70 ± 194,44 ^b
Izomalt	26,14 ± 26,31 ^c
Sacharóza	101,65 ± 1791,20 ^d
Sorbitol	13,53 ± 0,74 ^e
Xylitol	14,02 ± 2,20 ^e

Rozdielne písmená znamenajú, že sa vzorky štatisticky líšia na hladine významnosti 5 %.

8.4 Súdržnosť

Súdržnosť striktné koreluje s vnútorným odporom štruktúry potraviny a vlastnosťou potraviny držať sa pri sebe, príľnúť k sebe. Vzorky s vyššími hodnotami majú tendenciu sa menej rozpadáť počas žitia produktu (Chiş et al., 2020). Meranie tohto parametra bolo súčasťou textúrnej analýzy.

Zo vzoriek boli namerané hodnoty (tabuľka 8) od 0,31 do 0,41. Štatisticky významne vyšší rozdiel bol medzi vzorkami s acesulfámom a erytritólom. Štatisticky vyšší rozdiel bol aj medzi vzorkami s izomaltom a acesulfámom, taktiež medzi vzorkami so sacharózou a izomaltom a medzi vzorkami so sacharózou a erytritólom. Štatisticky menej významný

rozdiel bol medzi vzorkami so sacharózou a sorbitolom, medzi vzorkami so sacharózou a xylitolom a medzi vzorkami so sorbitolom a xylitolom.

Najnižšia nameraná hodnota bola u vzoriek s erytritólom a s izomaltom, a to 0,31, t.j. tieto vzorky mali najmenšiu súdržnosť. Najvyššia nameraná hodnota bola u muffín s použitím sladidla acesulfám, a to 0,41, t.j. tieto vzorky muffín mali najväčšiu súdržnosť. Hodnota nameraná u vzoriek s použitím sacharózy bola 0,37 a táto hodnota bola takmer zhodná s hodnotou nameranou u vzoriek so sorbitolom a u vzoriek s xylitolom. Podobné hodnoty u muffín s použitím sacharózy potvrdzuje aj Chiş et al. (2020). Podobné výsledky taktiež dosiahli v štúdiu od Martínez-Cervera, Salvador, Sanz (2014). Výsledky sa zhodujú aj s výsledkami v štúdiu od Karp et al. (2016).

Nízka súdržnosť v pečive vykazuje aj vyššiu drobivosť či krehkosť (Rózyło et al., 2015).

Tento parameter bol meraný na vzorkách aj po určitej dobe skladovania v termostate – 7 dní pri stálej teplote 20 °C. Zo vzoriek boli namerané hodnoty (tabuľka 9) od 0,19 do 0,58. Medzi vzorkami neboli výrazné štatistické rozdiely, okrem vzoriek so sacharózou, tie sa odlišovali výrazne. Zatiaľ čo u všetkých ostatných vzoriek súdržnosť klesla po týždni skladovania, u vzoriek sa sacharózou stúpala.

Najnižšia nameraná hodnota bola u vzoriek s erytritólom, a to 0,19. Všetky vzorky okrem vzoriek so sacharózou mali hodnoty veľmi podobné. Najvyššia nameraná hodnota bola u vzoriek so sacharózou, a to 0,58.

Tabuľka 8 Súdržnosť [-] pre merané vzorky v čase 0

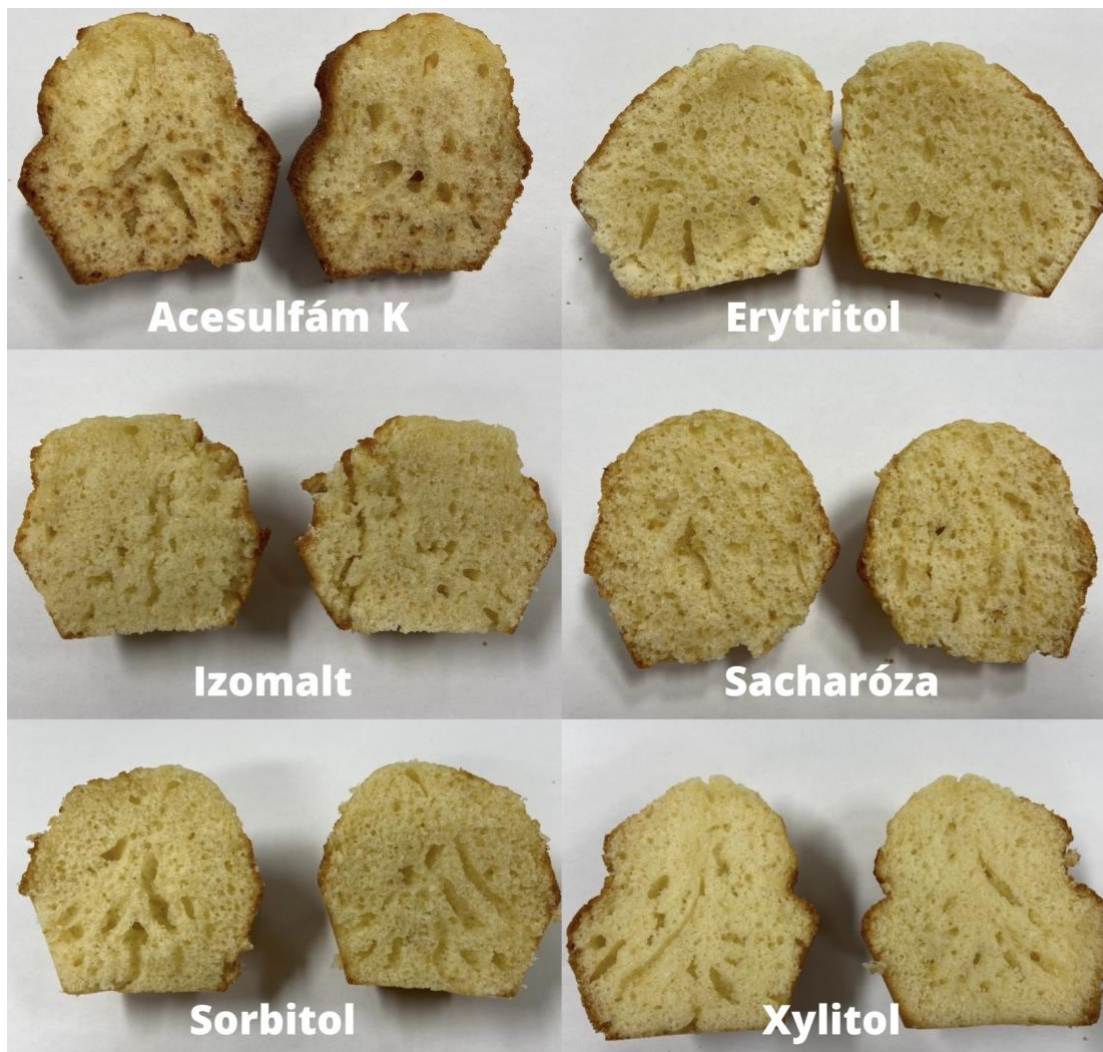
Druh sladidla	Priemer
Acesulfám draselný	0,41 ± 0,00 ^a
Erytritól	0,31 ± 0,00 ^b
Izomalt	0,31 ± 0,00 ^b
Sacharóza	0,37 ± 0,00 ^c
Sorbitol	0,38 ± 0,00 ^c
Xylitol	0,39 ± 0,00 ^{ac}

Rozdielne písmená znamenajú, že sa vzorky štatisticky líšia na hladine významnosti 5 %.

Tabuľka 9 Súdržnosť [-] pre merané vzorky po 7 dňoch skladovania

Druh sladidla	Priemer
Acesulfám draselný	0,23 ± 0,0 ^a
Erytritol	0,19 ± 0,0 ^b
Izomalt	0,23 ± 0,0 ^a
Sacharóza	0,58 ± 0,24 ^c
Sorbitol	0,22 ± 0,0 ^{ab}
Xylitol	0,24 ± 0,0 ^a

Rozdielne písmená znamenajú, že sa vzorky štatisticky líšia na hladine významnosti 5 %.



Obrázok 26 Rezy vzoriek muffín

8.5 Pružnosť

Pružnosť meria elasticitu a je to výška, v ktorej sa potravina zotaví počas doby, ktorá uplynie medzi koncom prvého stlačenia a začiatkom druhého stlačenia (Chiş et al., 2020). Meranie tohto parametra bolo súčasťou textúrnej analýzy.

Zo vzoriek boli namerané hodnoty (tabuľka 10) od 0,87 do 0,95. Štatisticky významný rozdiel bol medzi vzorkami s acesulfámom a vzorkami s izomaltom, medzi vzorkami s acesulfámom a vzorkami s erytritolom a taktiež medzi vzorkami so sorbitolom a vzorkami s izomaltom. Vzorky s podobnými hodnotami, a teda štatisticky nevýznamnými rozdielmi medzi sebou boli vzorky s acesulfámom, vzorky so sorbitolom a xylitolom. Taktiež to boli vzorky, ktoré mali buď rovnakú alebo takmer rovnakú hodnotu ako vzorky so sacharózou.

Najnižšia nameraná hodnota bola u vzoriek obsahujúcich izomalt, a to hodnota 0,87. Najvyššia nameraná hodnota bola u vzoriek obsahujúcich acesulfám draselný a sacharózu, a to hodnota 0,95. Hodnota nameraná u vzoriek obsahujúcich sacharózu bola 0,95. Tejto hodnote sa rovnala hodnota nameraná u vzoriek obsahujúcich acesulfám draselný. Podobné hodnoty u muffín s použitím sacharózy potvrdzuje aj Chiş et al. (2020). Výsledky sa dajú zrovnáť aj s výsledkami v štúdiu od Martínez-Cervera, Salvador, Sanz (2014) a taktiež s výsledkami v štúdiu od Martínez-Cervera et al. (2012). Podobné výsledky muffín sladených sladidlami sú aj v štúdiu od Karp et al. (2016). Výsledky sa taktiež zhodujú s výsledkami v štúdiu od Lee et al. (2020).

Tento parameter bol meraný na vzorkách aj po určitej dobe skladovania v termostate – 7 dní pri stálej teplote 20 °C. Zo vzoriek boli namerané hodnoty (tabuľka 11) od 0,73 do 0,90. Štatisticky významný rozdiel bol medzi vzorkami so sacharózou a izomaltom. U všetkých vzoriek hodnota po týždni skladovania klesla.

Najnižšia nameraná hodnota bola u vzoriek s izomaltom, a to 0,73. Najvyššia nameraná hodnota bola u vzoriek so sacharózou, a to 0,90.

Tabuľka 10 Pružnosť [-] pre merané vzorky v čase 0

Druh sladidla	Priemer
Acesulfám draselný	0,95 ± 0,00 ^a
Erytritol	0,88 ± 0,00 ^b
Izomalt	0,87 ± 0,00 ^b
Sacharóza	0,95 ± 0,00 ^a
Sorbitol	0,94 ± 0,00 ^a
Xylitol	0,94 ± 0,00 ^a

Rozdielne písmená znamenajú, že sa vzorky štatisticky líšia na hladine významnosti 5 %.

Tabuľka 11 Pružnosť [-] pre merané vzorky po 7 dňoch skladovania

Druh sladidla	Priemer
Acesulfám draselný	0,84 ± 0,00 ^a
Erytritol	0,79 ± 0,00 ^b
Izomalt	0,73 ± 0,01 ^c
Sacharóza	0,90 ± 0,03 ^d
Sorbitol	0,83 ± 0,00 ^a
Xylitol	0,84 ± 0,00 ^a

Rozdielne písmená znamenajú, že sa vzorky štatisticky líšia na hladine významnosti 5 %.

8.6 Žuvateľnosť

Žuvateľnosť je parameter charakterizovaný ako súčin tvrdosti, pružnosti a súdržnosti (Rózylo et al., 2015). Používa sa na opis úrovne obtiažnosti potrebnej na žuvanie jedla (Chiş et al., 2020). Meranie tohto parametra bolo súčasťou textúrnej analýzy.

Zo vzoriek boli namerané hodnoty (tabuľka 12) od 1,33 N do 2,93 N. Štatisticky významný rozdiel bol medzi vzorkami obsahujúcich izomalt a sorbitol, tiež medzi vzorkami s izomaltom a vzorkami so sacharózou. Štatisticky významný rozdiel vykazovali aj namerané hodnoty medzi vzorkami s acesulfámom draselným a izomaltom a taktiež medzi vzorkami s erytritolom a sorbitolom či medzi vzorkami s erytritolom a sacharózou.

Štatisticky menej významný rozdiel bol medzi vzorkami obsahujúcich sorbitol, sacharózu, xylitol a približovali sa týmto hodnotám aj vzorky s acesulfámom draselným.

Najnižšia hodnota bola nameraná u vzoriek so sorbitolom, a to 1,33 N. Táto hodnota sa zároveň najviac priblížila k hodnote nameranej u vzoriek obsahujúcich sacharózu, a to 1,35 N. Najvyššie nameraná hodnota bola 2,93 N, a to u vzoriek obsahujúcich sladidlo izomalt.

Podobné výsledky vyšli v štúdiu od Martínez-Cervera et al. (2012). Výsledky sú podobné aj výsledkom v štúdiu od Lee et al. (2020).

Tento parameter bol meraný na vzorkách aj po určitej dobe skladovania v termostate – 7 dní pri stálej teplote 20 °C. Zo vzoriek boli namerané hodnoty (tabuľka 13) od 2,92 N do 85,84 N. Štatisticky vysoký významný rozdiel je medzi vzorkami so sacharózou a všetkými ostatnými vzorkami. Hodnota žuvateľnosti vzoriek so sacharózou výrazne stúpila po 7 dňoch skladovania, zatiaľ čo u ostatných vzoriek stúpila len o pár jednotiek.

Najnižšia nameraná hodnota bola u vzoriek so sorbitolom, a to 2,92 N. Tieto vzorky mali najmenšiu nameranú hodnotu aj v čase 0. Najvyššia nameraná hodnota bola u vzoriek so sacharózou, a to 85,84 N.

Tabuľka 12 Žuvateľnosť [N] pre merané vzorky v čase 0

Druh sladidla	Priemer
Acesulfám draselný	1,63 ± 0,03 ^a
Erytritol	2,53 ± 0,12 ^b
Izomalt	2,93 ± 0,07 ^c
Sacharóza	1,35 ± 0,01 ^d
Sorbitol	1,33 ± 0,01 ^d
Xylitol	1,57 ± 0,02 ^a

Rozdielne písmená znamenajú, že sa vzorky štatisticky líšia na hladine významnosti 5 %.

Tabuľka 13 Žuvateľnosť [N] pre merané vzorky po 7 dňoch skladovania

Druh sladidla	Priemer
Acesulfám draselný	11,55 ± 9,67 ^a
Erytritol	7,46 ± 3,45 ^b
Izomalt	5,98 ± 1,76 ^c
Sacharóza	85,84 ± 5159,24 ^d
Sorbitol	2,92 ± 0,10 ^e
Xylitol	3,37 ± 0,10 ^e

Rozdielne písmená znamenajú, že sa vzorky štatisticky líšia na hladine významnosti 5 %.

8.7 Prilnavosť

Prilnavosť je pomer obnoviteľnej energie pri uvoľnení prvého stlačenia – nižšia hodnota naznačuje, že muffiny potrebujú viac času na návrat do pôvodnej formy a žuvateľnosti (Chiş et al., 2020). Meranie tohto parametra bolo súčasťou textúrnej analýzy.

Zo vzoriek boli namerané hodnoty (tabuľka 14) od 0,85 do 0,88. Štatisticky významný rozdiel bol medzi vzorkami obsahujúcich sacharózu a vzorkami s acesulfámom draselným a xylitolom.

Najnižšia nameraná hodnota bola 0,85, a to u vzoriek so sacharózou. Tejto hodnote bola najpodobnejšia hodnota nameraná u vzoriek s izomaltom. Taktiež bola veľmi podobná hodnota u vzoriek so sorbitolom a aj u vzoriek s erytritolom. Najvyššia nameraná hodnota bola 0,88, a to u vzoriek s acesulfámom draselným.

Tento parameter bol meraný na vzorkách aj po určitej dobe skladovania v termostate – 7 dní pri stálej teplote 20 °C. Zo vzoriek boli namerané hodnoty (tabuľka 15) od 0,42 do 0,79. Medzi vzorkami neboli príliš vysoké štatistické rozdiely. Výraznejší rozdiel bol vo vzorkách so sacharózou, kde hodnota klesla výrazne nižšie ako u ostatných vzoriek. U všetkých vzoriek prilnavosť po 7 dňoch skladovania klesla.

Najnižšia nameraná hodnota bola u vzoriek so sacharózou, a to 0,42. Najvyššia hodnota bola nameraná u vzoriek s izomaltom a xylitolom, a to 0,79. Podobné hodnoty boli namerané aj u všetkých ostatných vzoriek.

Tabuľka 14 Priľnavosť [-] pre merané vzorky v čase 0

Druh sladidla	Priemer
Acesulfám draselný	0,88 ± 0,00 ^a
Erytritol	0,86 ± 0,00 ^{ab}
Izomalt	0,86 ± 0,00 ^{ab}
Sacharóza	0,85 ± 0,00 ^{abc}
Sorbitol	0,86 ± 0,00 ^{ab}
Xylitol	0,87 ± 0,00 ^{abcd}

Rozdielne písmená znamenajú, že sa vzorky štatisticky líšia na hladine významnosti 5 %.

Tabuľka 15 Priľnavosť [-] pre merané vzorky po 7 dňoch skladovania

Druh sladidla	Priemer
Acesulfám draselný	0,77 ± 0,00 ^a
Erytritol	0,76 ± 0,00 ^a
Izomalt	0,79 ± 0,00 ^{ab}
Sacharóza	0,42 ± 0,10 ^b
Sorbitol	0,75 ± 0,00 ^a
Xylitol	0,79 ± 0,00 ^{ab}

Rozdielne písmená znamenajú, že sa vzorky štatisticky líšia na hladine významnosti 5 %.

ZÁVER

Predmetom analýz tejto diplomovej práce bol veľmi obľúbený druh pečiva medzi spotrebiteľmi – muffiny. Výslednú kvalitu takéhoto produktu veľmi ovplyvňujú vstupné suroviny. Jednou z týchto surovín je práve cukor – sacharóza. Nadmerná konzumácia cukru má však svoje následky, ktoré sa odrážajú na zdraví, a preto bola táto práca zameraná na nahradzovanie cukru sladidlami v muffinách, a to, ako veľmi a či vôbec, ovplyvnia sladidlá kvalitu týchto výrobkov. V práci boli analyzované hmotnostné straty pečením, špecifický objem a textúrne vlastnosti muffín.

Hmotnostné straty pečením sladidlá ovplyvnili do pomerne slabej miery. Vzorky s izomaltom mali straty najvyššie, vzorky s erytritólom mali straty najmenšie. Vzorky so sorbitólom a xylitolom mali straty takmer rovnaké ako vzorky so sacharózou. Nejaké výrazne veľké rozdiely však zaznamenané neboli. Na špecifický objem sladidlá tiež nemali priveľký vplyv, avšak určité odlišnosti tam boli. Vzorky so sorbitólom a xylitolom mali väčší objem ako vzorky so sacharózou. Ostatné vzorky boli všetky menšie ako vzorky so sacharózou. Pri meraní parametru tvrdosť sa jasne odlišovali vzorky s izomaltom a vzorky s erytritólom, ktoré boli výrazne tvrdšie ako ostatné. Vzorky s ostatnými sladidlami mali približne rovnakú tvrdosť ako vzorky so sacharózou. Po týždni skladovania sa ale ukázalo, že jediné vzorky, ktoré stvrdli iba veľmi málo, boli vzorky so sorbitólom a xylitolom. Najvýraznejšie stvrdli vzorky so sacharózou, ktoré sa výrazne odlišili od všetkých ostatných. V meraní parametru súdržnosť sa vzorky nejak významne nelíšili. Dokonca vzorky so sorbitólom a xylitolom mali takmer rovnaké hodnoty ako vzorky so sacharózou. Po týždni skladovania však u všetkých vzoriek súdržnosť klesla, zatiaľ čo u vzoriek so sacharózou stúpala. U parametru pružnosť boli medzi vzorkami minimálne rozdiely. Po týždni skladovania pružnosť u všetkých vzoriek klesla. Meraný parameter žuvateľnosť – medzi vzorkami boli jemné odchýlky, najvyššiu hodnotu mali vzorky s izomaltom a erytritólom, ostatné vzorky mali hodnoty podobné vzorkám so sacharózou. Po týždni skladovania všetkým vzorkám hodnoty stúpali. U vzoriek so sorbitólom a xylitolom stúpali len minimálne, ostatné vzorky mali po týždni značné rozdiely. Vzorky so sacharózou mali rozdiel v žuvateľnosti po týždni veľmi výrazný. V parametru príľnavosť neboli medzi vzorkami výrazné rozdiely. Po týždni skladovania u všetkých vzoriek hodnoty jemne klesli, u vzoriek so sacharózou príľnavosť klesla na polovicu hodnoty (oproti hodnote nameranej v čase 0).

Nahradzovanie cukru je v našej spoločnosti ešte stále jedna veľká otvorená kapitola. Z tejto práce ale vyplýva, že momentálne asi najvhodnejšou náhradou pri pečení je sorbitol a xylitol.

Samozrejme, čo sa týka chuťových vlastností, bude to sacharóze vždy iba podobné. Kvalita chuti však predmetom tejto práce nebola. Textúrne vlastnosti muffín s použitím sorbitolu a xylytolu vykazovali takmer rovnaké hodnoty ako sacharóza a po týždni skladovania dokonca výrazne lepšie. Preto sú tieto sladidlá vhodné aj pri výrobe trvanlivého pečiva, napomáhajú udržať pečivo mäkšie dlhšiu dobu. Naopak ako nevhodná náhrada sa ukázalo sladidlo izomalt. Pečivo bolo výrazne tvrdšie hneď po upečení (v porovnaní so sacharózou) a taktiež malo vyššie straty pečením. U tvrdosti pečiva sa ukázalo nevhodné aj sladidlo erytritol – vzorky mali hneď po upečení výrazne vyššie hodnoty tvrdosti v porovnaní so vzorkami obsahujúcich sacharózu.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

APREA, Eugenio, Mathilde CHARLES, Isabella ENDRIZZI, Maria LAURA COROLLARO, Emanuela BETTA, Franco BIASIOLI a Flavia GASPERI. Sweet taste in apple: the role of sorbitol, individual sugars, organic acids and volatile compounds. *Scientific Reports* [online]. 2017, **7**(1) [cit. 2023-03-27]. ISSN 2045-2322. Dostupné z: doi:10.1038/srep44950

ARSHAD, Shiza, Tahniat REHMAN, Summaya SAIF, et al. Replacement of refined sugar by natural sweeteners: focus on potential health benefits. *Heliyon* [online]. 2022, **8**(9) [cit. 2023-03-27]. ISSN 24058440. Dostupné z: doi:10.1016/j.heliyon.2022.e10711

BELTON, Kerry, Edward SCHAEFER a Patrick D GUINEY. A Review of the Environmental Fate and Effects of Acesulfame-Potassium. *Integrated Environmental Assessment and Management* [online]. 2020, **16**(4), 421-437 [cit. 2023-03-27]. ISSN 1551-3777. Dostupné z: doi:10.1002/ieam.4248

BHATTACHARYA, Suvendu. Sugars, sweeteners, chocolates, and sweet snacks. In: *Snack Foods* [online]. Elsevier, 2023, 2023, s. 211-249 [cit. 2023-03-27]. ISBN 9780128197592. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-819759-2.00003-3

BOESTEN, Daniëlle M. P. H. J., Gertjan J. M. DEN HARTOG, Peter DE COCK, Douwina BOSSCHER, Angela BONNEMA a Aalt BAST. Health effects of erythritol. *Nutrafoods* [online]. 2015, **14**(1), 3-9 [cit. 2023-03-27]. ISSN 1827-8590. Dostupné z: doi:10.1007/s13749-014-0067-5

BOLHUIS, Gerard K., Jeffrey J.P. ENGELHART a Anko C. EISSENS. Compaction properties of isomalt. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics* [online]. 2009, **72**(3), 621-625 [cit. 2023-03-27]. ISSN 09396411. Dostupné z: doi:10.1016/j.ejpb.2009.03.005

CAO, Yu, Hongli LIU, Ningbo QIN, Xiaomeng REN, Beiwei ZHU a Xiaodong XIA. Impact of food additives on the composition and function of gut microbiota: A review. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2020, **99**, 295-310 [cit. 2023-03-27]. ISSN 09242244. Dostupné z: doi:10.1016/j.tifs.2020.03.006

- CANDELA, Carmen a Gómez; MILLA, Samara Palma. A critical, updated overview of the role of sugar in our diet . *Nutr Hosp* [online]. 2013, **28** (4), 1-4 [cit. 2023-04-11]. ISSN 1699-5198. Dostupné z: doi: 10.3305/nh.2013.28.sup4.6783
- CARLY, Frédéric a Patrick FICKERS. Erythritol production by yeasts: a snapshot of current knowledge. *Yeast* [online]. 2018, **35**(7), 455-463 [cit. 2023-03-27]. ISSN 0749503X. Dostupné z: doi:10.1002/yea.3306
- CARNIEL BELTRAMI, Monique, Thiago DÖRING a Juliano DE DEA LINDNER. Sweeteners and sweet taste enhancers in the food industry. *Food Science and Technology* [online]. 2018, **38**(2), 181-187 [cit. 2023-03-27]. ISSN 1678-457X. Dostupné z: doi:10.1590/fst.31117
- CAROCHO, Márcio, Patricia MORALES a Isabel C.F.R. FERREIRA. Sweeteners as food additives in the XXI century: A review of what is known, and what is to come. *Food and Chemical Toxicology* [online]. 2017, **107**, 302-317 [cit. 2023-03-27]. ISSN 02786915. Dostupné z: doi:10.1016/j.fct.2017.06.046
- CASTELLÓ, María Luisa, Andrea ECHEVARRÍAS, Susana RUBIO-ARRAEZ a María Dolores ORTOLÁ. How isomaltulose and oligofructose affect physicochemical and sensory properties of muffins?. *Journal of Texture Studies* [online]. 2021, **52**(3), 410-419 [cit. 2023-03-27]. ISSN 0022-4901. Dostupné z: doi:10.1111/jtxs.12602
- CASTRO-MUÑOZ, Roberto, Mariela CORREA-DELGADO, Rafael CÓRDOVA-ALMEIDA, et al. Natural sweeteners: Sources, extraction and current uses in foods and food industries. *Food Chemistry* [online]. 2022, **370** [cit. 2023-03-27]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2021.130991
- DA SILVA SANTANA, Naienne, Cheila Gonçalves MOTHÉ, Marcio NELE DE SOUZA a Michelle Gonçalves MOTHÉ. Thermal and rheological study of artificial and natural powder tabletop sweeteners. *Food Research International* [online]. 2022, **162**[cit. 2023-03-27]. ISSN 09639969. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodres.2022.112039
- DE NUCCI, Sara, Roberta ZUPO, Fabio CASTELLANA, Annamaria SILA, Vincenzo TRIGGIANI, Giuseppe LISCO, Giovanni DE PERGOLA a Rodolfo SARDONE. Public Health Response to the SARS-CoV-2 Pandemic: Concern about Ultra-Processed Food

Consumption. *Foods* [online]. 2022, **11**(7) [cit. 2023-03-27]. ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods11070950

DELGADO ARCAÑO, Yaimé, Oscar Daniel VALMAÑA GARCÍA, Dalmo MANDELLI, Wagner Alves CARVALHO a Luiz Antônio MAGALHÃES PONTES. Xylitol: A review on the progress and challenges of its production by chemical route. *Catalysis Today*[online]. 2020, **344**, 2-14 [cit. 2023-03-27]. ISSN 09205861. Dostupné z: doi:10.1016/j.cattod.2018.07.060

K.D. APARNATHI, Kapadiya Dhartiben. Chemistry and Use of Artificial Intense Sweeteners. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* [online]. 2017, **6**(6), 1283-1296 [cit. 2023-03-27]. ISSN 23197692. Dostupné z: doi:10.20546/ijcmas.2017.606.151

EGGLESTON, G. – ORNA, M. V. – BOPP, A. F. 2019. *Chemistry's Role in Food Production and Sustainability: Past and Present*. New York, USA: Oxford University Press Inc. 256 s. ISBN 978-08-412-3428-4.

FANG, Ting, Yaming CAI, Qiurui YANG, Collins O OGUTU, Liao LIAO a Yuepeng HAN. Analysis of sorbitol content variation in wild and cultivated apples. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [online]. 2019, **100**(1), 139-144 [cit. 2023-03-27]. ISSN 0022-5142. Dostupné z: doi:10.1002/jsfa.10005

FURTWENGLER, Pierre a Luc AVÉROUS. From D-sorbitol to five-membered bis(cyclo-carbonate) as a platform molecule for the synthesis of different original biobased chemicals and polymers. *Scientific Reports* [online]. 2018, **8**(1) [cit. 2023-03-27]. ISSN 2045-2322. Dostupné z: doi:10.1038/s41598-018-27450-w

GAO, Jingrong, Margaret A. BRENNAN, Susan L. MASON a Charles S. BRENNAN. Effects of Sugar Substitution with “Stevianna” on the Sensory Characteristics of Muffins. *Journal of Food Quality* [online]. 2017, **2017**, 1-11 [cit. 2023-03-27]. ISSN 0146-9428. Dostupné z: doi:10.1155/2017/8636043

GASMI BENAHMED, Asma, Amin GASMI, Maria ARSHAD, et al. Health benefits of xylitol. *Applied Microbiology and Biotechnology* [online]. 2020, **104**(17), 7225-7237 [cit. 2023-03-27]. ISSN 0175-7598. Dostupné z: doi:10.1007/s00253-020-10708-7

GODSWILL, CH. A. 2017. Sugar alcohols: Chemistry, Production, Health concerns and nutritional importance of Mannitol, Sorbitol, Xylitol, and Erythritol. In *International Journal of Advanced Academic Research* [online], vol. 3, no. 2, pp. 31 – 66. ISSN 2488-9849.

GREMBECKA, Małgorzata. Sugar alcohols—their role in the modern world of sweeteners: a review. *European Food Research and Technology* [online]. 2015, **241**(1), 1-14 [cit. 2023-03-27]. ISSN 1438-2377. Dostupné z: doi:10.1007/s00217-015-2437-7

CHEN, Lan, Yuan ZHANG, Yu ZHOU, Du SHI a Xue-song FENG. Sweeteners in food samples: An update on pretreatment and analysis techniques since 2015. *Food Chemistry* [online]. 2023, **408** [cit. 2023-03-27]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2022.135248

CHIȘ, Maria Simona, Adriana PĂUCEAN, Simona Maria MAN, et al. Textural and Sensory Features Changes of Gluten Free Muffins Based on Rice Sourdough Fermented with *Lactobacillus spicheri* DSM 15429. *Foods* [online]. 2020, **9**(3) [cit. 2023-04-11]. ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods9030363

CHYSIRICHOTE, Teeranuch, UTAIPATANACHEEP, Anchanee, VARANYANOND, Warunee. Caloric Reduction in Mungbean Conserve Filling of Flaky Chinese Pastry. *Agriculture and Natural Resources*, 2011, 45.6: 1127-1137.

IBRAHIM, Osama O. High intensity sweeteners chemicals structure, properties and applications. *Natural Science and Discovery* [online]. 2016, **1**(4), 88-94 [cit. 2023-03-27]. ISSN 2149-6307. Dostupné z: doi:10.20863/nsd.97334

JIA, Ziyang, Heng YANG, Yudong ZHANG, et al. Effects of isomalt on the quality of wheat flour dough and spicy wheat gluten sticks. *International Journal of Food Science & Technology* [online]. 2022, **57**(4), 2310-2320 [cit. 2023-03-27]. ISSN 0950-5423. Dostupné z: doi:10.1111/ijfs.15582

KARP, Sabina, Jarosław WYRWISZ, Marcin KUREK a Agnieszka WIERZBICKA. Physical properties of muffins sweetened with steviol glycosides as the sucrose replacement. *Food Science and Biotechnology* [online]. 2016, **25**(6), 1591-1596 [cit. 2023-03-27]. ISSN 1226-7708. Dostupné z: doi:10.1007/s10068-016-0245-x

Kini, Rajesh and Rathnanand, Mahalaxmi and Kamath, Deepak (2011) *Investigating the Suitability of Isomalt and liquid Glucose as Sugar Substitute in the Formulation of Salbutamol sulfate hard candy lozenges*. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 3 (4). pp. 69-75.

KOVÁČIKOVÁ, E. – TURZOVÁ, A. – MOROCHOVIČOVÁ, M. – SUHAJ, M. 2010. *Cukor a jeho alternatívne náhrady - objektívne hodnotenie ich úloh vo výchove človeka: literárna štúdia*. Bratislava: Výskumný ústav potravinársky. 40 s.

KWEON, Meera, Louise SLADE, Harry LEVINE, Ron MARTIN a Edward SOUZA. Exploration of Sugar Functionality in Sugar-Snap and Wire-Cut Cookie Baking: Implications for Potential Sucrose Replacement or Reduction. *Cereal Chemistry Journal*[online]. 2009, **86**(4), 425-433 [cit. 2023-03-27]. ISSN 0009-0352. Dostupné z: doi:10.1094/CCHEM-86-4-0425

LI, Mingjun, Pengmin LI, Fengwang MA, Abhaya M. DANDEKAR a Lailiang CHENG. Sugar metabolism and accumulation in the fruit of transgenic apple trees with decreased sorbitol synthesis. *Horticulture Research* [online]. 2018, **5**(1) [cit. 2023-03-27]. ISSN 2052-7276. Dostupné z: doi:10.1038/s41438-018-0064-8

LIPIÄINEN, Tiina, Marikki PELTONIEMI, Heikki RÄIKKÖNEN a Anne JUPPO. Spray-dried amorphous isomalt and melibiose, two potential protein-stabilizing excipients. *International Journal of Pharmaceutics* [online]. 2016, **510**(1), 311-322 [cit. 2023-03-27]. ISSN 03785173. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijpharm.2016.06.038

LEBEDEV, Ivan; PARK, Jayyoung; YAYLAIAN, R. Popular sweeteners and their health effects. *Minor thesis of Faculty of Science in Worcester Polytechnic Institute*, 2010

LEE, P., Oh, H., KIM, S. Y., & KIM, Y. S. (2020). Textural, physical and retrogradation properties of muffin prepared with kamut (*Triticum turanicum* Jakubz). *Italian Journal of Food Science*, 32(1), 107-124. Dostupné z: doi.org/10.14674/IJFS-1536

LOSTIE, M. Study of sponge cake batter baking process. Part I: Experimental data. *Journal of Food Engineering* [online]. **51**(2), 131-137 [cit. 2023-03-27]. ISSN 02608774. Dostupné z: doi:10.1016/S0260-8774(01)00049-8

MAJEWSKI, Maciej, Izabela CHRUSCICKA, Justyna BUCHTA, Dominika EGIERSKA, Paulina BURZYŃSKA, Paulina PIETRUSZKA, Michał PERSZKE a Aleksander CAŁKOSIŃSKI. What do we know about sugar substitutes?. *Journal of Education, Health and Sport* [online]. 2020, **10**(4), 90-98 [cit. 2023-03-27]. ISSN 2391-8306. Dostupné z: doi:10.12775/JEHS.2020.10.04.011

MARQUES, C. – TAREK, R. – SARA, M. – BRAR, S. K. 2016. Sorbitol Production From Biomass and Its Global Market. In Brar Kaur S., Sarma Saurabh J., Pakshirajan K. *Platform Chemical Biorefinery*. Canada: Elsevier Inc, pp. 217 – 227. ISBN 978-0- 12-802980-0.

MARTÍNEZ-CERVERA, S., T. SANZ, A. SALVADOR a S.M. FISZMAN. Rheological, textural and sensorial properties of low-sucrose muffins reformulated with sucralose/polydextrose. *LWT - Food Science and Technology*[online]. 2012, **45**(2), 213-220 [cit. 2023-03-27]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2011.08.001

MARTÍNEZ-CERVERA, Sandra, Ana SALVADOR a Teresa SANZ. Comparison of different polyols as total sucrose replacers in muffins: Thermal, rheological, texture and acceptability properties. *Food Hydrocolloids* [online]. 2014, **35**, 1-8 [cit. 2023-03-27]. ISSN 0268005X. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodhyd.2013.07.016

MILNER, Laura, Joseph P. KERRY, Maurice G. O'SULLIVAN a Eimear GALLAGHER. Physical, textural and sensory characteristics of reduced sucrose cakes, incorporated with clean-label sugar-replacing alternative ingredients. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* [online]. 2020, **59** [cit. 2023-03-27]. ISSN 14668564. Dostupné z: doi:10.1016/j.ifset.2019.102235

MOORADIAN, Arshag D., Meridith SMITH a Masaaki TOKUDA. The role of artificial and natural sweeteners in reducing the consumption of table sugar: A narrative review. *Clinical Nutrition ESPEN* [online]. 2017, **18**, 1-8 [cit. 2023-03-27]. ISSN 24054577. Dostupné z: doi:10.1016/j.clnesp.2017.01.004

MSOMI, Nontokozo Z., Ochuko L ERUKAINURE a Md. Shahidul ISLAM. Suitability of Sugar Alcohols as Antidiabetic Supplements: A Review. *Journal of Food and Drug Analysis*[online]. 2021, **29**(1), 1-14 [cit. 2023-03-27]. ISSN 2224-6614. Dostupné z: doi:10.38212/2224-6614.3107

NADIAN, Narges, Mohammad Hossain AZIZI, Hossein ABBASTABAR AHANGAR a Aazam AARABI. Textural and sensory characteristics of sugar-free biscuit formulated with quinoa flour, isomalt, and maltodextrin. *Food Science & Nutrition* [online]. 2021, **9**(12), 6501-6512 [cit. 2023-03-27]. ISSN 2048-7177. Dostupné z: doi:10.1002/fsn3.2564

Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 zo 16. decembra 2008 o prídavných látkach v potravinách

POURMOHAMMADI, Kiana, Elahe ABEDI, Seyed Mohammad Bagher HASHEMI a Luisa TORRI. Effects of sucrose, isomalt and maltodextrin on microstructural, thermal, pasting and textural properties of wheat and cassava starch gel. *International Journal of Biological Macromolecules* [online]. 2018, **120**, 1935-1943 [cit. 2023-03-27]. ISSN 01418130. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijbiomac.2018.09.172

RAKICKA-PUSTUŁKA, Magdalena, Aleksandra M. MIROŃCZUK, Ewelina CELIŃSKA, Wojciech BIAŁAS a Waldemar RYMOWICZ. Scale-up of the erythritol production technology – Process simulation and techno-economic analysis. *Journal of Cleaner Production* [online]. 2020, **257** [cit. 2023-03-27]. ISSN 09596526. Dostupné z: doi:10.1016/j.jclepro.2020.120533

REGNAT, K., R. L. MACH a A. R. MACH-AIGNER. Erythritol as sweetener—wherefrom and whereto?. *Applied Microbiology and Biotechnology* [online]. 2018, **102**(2), 587-595 [cit. 2023-03-27]. ISSN 0175-7598. Dostupné z: doi:10.1007/s00253-017-8654-1

RÓŻYŁO, Renata, Dariusz DZIKI, Urszula GAWLIK-DZIKI, Grażyna CACAK-PIETRZAK, Antoni MIŚ a Stanisław RUDY. Physical properties of gluten-free bread caused by water addition. *International Agrophysics* [online]. 2015, **29**(3), 353-364 [cit. 2023-04-11]. ISSN 2300-8725. Dostupné z: doi:10.1515/intag-2015-0042

RZETCHONEK, Dorota A., Adam DOBROWOLSKI, Waldemar RYMOWICZ a Aleksandra M. MIROŃCZUK. Recent advances in biological production of erythritol. *Critical Reviews in Biotechnology* [online]. 2017, **38**(4), 620-633 [cit. 2023-03-27]. ISSN 0738-8551. Dostupné z: doi:10.1080/07388551.2017.1380598

QUITRAL, Vilma, Juanita VALDÉS, Valeska UMAÑA, Nicol GALLARDO, María José ALCAINO, Carolina ARAYA a Marcos FLORES. The Role of Non-Caloric Sweeteners in

Sensory Characteristics of Pastry Products. *Foods* [online]. 2019, **8**(8) [cit. 2023-03-27]. ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods8080329

SAHIN, Aylin W., Emanuele ZANNINI, Aidan COFFEY a Elke K. ARENDT. Sugar reduction in bakery products: Current strategies and sourdough technology as a potential novel approach. *Food Research International* [online]. 2019, **126** [cit. 2023-03-27]. ISSN 09639969. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodres.2019.108583

SCETTRI, Anna a Elisabetta SCHIEVANO. Quantification of polyols in sugar-free foodstuffs by qNMR. *Food Chemistry*[online]. 2022, **390** [cit. 2023-03-27]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2022.133125

Singh, R. Paul and Clarke, Margaret A.. "sugar". *Encyclopedia Britannica*, 18 Feb. 2023, <https://www.britannica.com/science/sugar-chemical-compound>. Accessed 27 March 2023.

STEFAN, Elena-Madalina, et al. Effect of sugar substitutes on wheat dough rheology. *Scientific Study & Research. Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, 2019, 20.2: 313-320.

TIEFENBACHER, K. F. 2017. *The Technology of Wafers and Waffles: Operational Aspects*. UK: Elsevier Inc. 712 s. ISBN 978-0-12-809438-9.

TUDERMAN, Anna-Kaisa, Clare J. STRACHAN a Anne M. JUPPO. Isomalt and its diastereomer mixtures as stabilizing excipients with freeze-dried lactate dehydrogenase. *International Journal of Pharmaceutics* [online]. 2018, **538**(1-2), 287-295 [cit. 2023-03-27]. ISSN 03785173. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijpharm.2018.01.015

UR-REHMAN, Salim, Zarina MUSHTAQ, Tahir ZAHOOR, Amir JAMIL a Mian Anjum MURTAZA. Xylitol: A Review on Bioproduction, Application, Health Benefits, and Related Safety Issues. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*[online]. 2013, **55**(11), 1514-1528 [cit. 2023-03-27]. ISSN 1040-8398. Dostupné z: doi:10.1080/10408398.2012.702288

Vyhláška č. 76/2003 Sb. z dňa 6. marca 2003, ktorou sa stanovujú požiadavky pre prírodné sladidlá, med, cukrovinky, kakaový prášok a zmesi kakaa s cukrom, čokoládu a čokoládové cukríky v aktuálnom znení.

Vyhláška č. 18/2020 Sb. o požiadavkách na mlynské obilné výrobky, cestoviny, pekárske výrobky a cukrárske výrobky a cestá.

WOODBURY, Travest J., Andres L. LUST a Lisa J. MAUER. The effects of commercially available sweeteners (sucrose and sucrose replacers) on wheat starch gelatinization and pasting, and cookie baking. *Journal of Food Science* [online]. 2021, **86**(3), 687-698 [cit. 2023-03-27]. ISSN 0022-1147. Dostupné z: doi:10.1111/1750-3841.15572

ZACHAROVÁ, Michaela, Iva BUREŠOVÁ, Robert GÁL a Dominika WALACHOVÁ. Chicory syrup as a substitution of sugar in fine pastry. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*[online]. 2018, **12**(1), 487-490 [cit. 2023-03-27]. ISSN 1337-0960. Dostupné z: doi:10.5219/890

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK

ADI acceptable daily intake (akceptovateľný denný príjem)

č číslo

EFSA European Food Safety Authority (Európsky úrad pre bezpečnosť potravín)

EÚ Európska Únia

FDA Food and Drug Administration (Americký úrad pre správu potravín a liečiv)

GPM glukopyranozyl manitol

GPS glukopyranozyl sorbitol

GRAS Generally recognized as safe (všeobecne známe ako bezpečné)

JECFA Joint Expert Committee on Food Additives (Spoločný výbor odborníkov

FAO/WHO pre prídavné látky)

napr. napríklad

t.j. to jest

tzv takzvané

USA United States of America (Spojené štáty americké)

WHO World Health Organization (Svetová zdravotnícka organizácia)

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 1 Chemická štruktúra sacharózy	11
Obrázok 2 Chemická štruktúra acesulfámu draselného	22
Obrázok 3 Chemická štruktúra erytritolu	23
Obrázok 4 Chemická štruktúra izomaltu	25
Obrázok 5 Chemická štruktúra sorbitolu	27
Obrázok 6 Chemická štruktúra xylitolu	29
Obrázok 7 Hladká múka (https://mouky.heureka.cz/goodmills-professional-mouka-hladka-psenicna-svetla-t530-5000-g/#prehled/)	34
Obrázok 8 Trvanlivé mlieko polotučné (https://family-market.sk/mlieko-trvanlive-uht-1-5-1l-aro-product-18615)	34
Obrázok 9 Slnecnicový olej (https://www.milerad.sk/olej-a-ocot/1559-aro-slnecnicovy-olej-1l-4337182122548.html)	35
Obrázok 10 Vajcia (https://sortiment.makro.cz/cs/aro-vejcem-60ks-cv/113069p/)	35
Obrázok 11 Acesulfám draselný (https://www.drmax.cz/fan-praskove-stolni-sladidlo-na-bazi-acesulfamu-k-250-g)	35
Obrázok 12 Cukor (https://www.albertdomuzdarma.cz/shop/Trvanlive/Peceni-a-prisady-na-vareni/Cukry-sladidla-sirupy/Bily-cukr/Vrbatky-Cukr-krupice/p/26105055)	36
Obrázok 13 Sorbitol (https://www.fan-eshop.cz/praskova-sladidla/fan-sorbit-praskove-sladidlo-100-g.html)	36
Obrázok 14 Erytritol (https://www.dietashopbrno.cz/eshop/erythritol-doza/)	36
Obrázok 15 Izomalt (https://www.vsenadorty.cz/polevy--slehacky--ostatni/izomalt-250-g-fc/)	37
Obrázok 16 Xylitol (https://www.zdravavyzivaklanovice.cz/birchsugar-original-cukr-brezovy-xylitol-500g-7210/)	37
Obrázok 17 Kyselina citrónová (https://www.oetker.sk/sk-sk/nase-vyroby/zavaranie/pripravky-na-zavaranie/kyselina-citronova-maxi)	37
Obrázok 18 Jedlá sóda (https://sortiment.makro.cz/cs/aro-jedla-soda-25x15g/216127p/)	38
Obrázok 19 Soľ (https://sortiment.makro.cz/cs/solne-mlyny-sul-kamenna-12x1kg-/117988p/)	38
Obrázok 20 Vzorok muffín pred upečením	41
Obrázok 21 Meranie špecifického objemu	43
Obrázok 22 Rezací prístroj značky Gorenje	44
Obrázok 23 Texturometer TA.XTPlus	44
Obrázok 24 Vzorok pripravený na textúrnú analýzu	45
Obrázok 25 Objem vzoriek muffín po upečení	48
Obrázok 26 Rezy vzoriek muffín	52

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1 Vlastnosti cukorných alkoholov (Tiefenbacher, 2017)	19
Tabuľka 2 Sladivosť rôznych sladidiel v porovnaní so sacharózou (Bhattacharya, 2023) .	20
Tabuľka 3 Použitá receptúra (Martínez-Cervera, Salvador, Sanz, 2014)	39
Tabuľka 4 Hmotnostné straty pečením [%] pre merané vzorky	47
Tabuľka 5 Špecifický objem [$\text{ml} \cdot \text{g}^{-1}$] pre merané vzorky	48
Tabuľka 6 Tvrdosť [N] pre merané vzorky v čase 0	50
Tabuľka 7 Tvrdosť [N] pre merané vzorky po 7 dňoch skladovania	50
Tabuľka 8 Súdržnosť [-] pre merané vzorky v čase 0	51
Tabuľka 9 Súdržnosť [-] pre merané vzorky po 7 dňoch skladovania	52
Tabuľka 10 Pružnosť [-] pre merané vzorky v čase 0	54
Tabuľka 11 Pružnosť [-] pre merané vzorky po 7 dňoch skladovania	54
Tabuľka 12 Žuvateľnosť [N] pre merané vzorky v čase 0	55
Tabuľka 13 Žuvateľnosť [N] pre merané vzorky po 7 dňoch skladovania	56
Tabuľka 14 Priľnavosť [-] pre merané vzorky v čase 0	57
Tabuľka 15 Priľnavosť [-] pre merané vzorky po 7 dňoch skladovania	57

