



UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Julija JELENKO

**SENZORIČNA PRIMERJAVA NARAVNIH
SLADKORJEV IN UMETNIH SLADIL V ŽIVILSKIH
IZDELKIH**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij - 1. stopnja Živilstvo in prehrana

Ljubljana, 2018

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Julija JELENKO

**SENZORIČNA PRIMERJAVA NARAVNIH SLADKORJEV IN
UMETNIH SLADIL V ŽIVILSKIH IZDELKIH**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij - 1. stopnja Živilstvo in prehrana

**SENSORY COMPARISON OF NATURAL SUGARS VERSUS
ARTIFICIAL SWEETENERS IN FOOD PRODUCTS**

B. SC. THESIS

Academic Study Programmes: Field Food Science and Nutrition

Ljubljana, 2018

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študijskega programa 1. stopnje Živilstvo in prehrana.

Komisija za študij 1. in 2. stopnje Oddelka za živilstvo je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Rajka Vidriha in za recenzentko doc. dr. Tanjo Pajk Žontar.

Mentor: prof. dr. Rajko VIDRIH
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo

Recenzentka: doc. dr. Tanja Pajk ŽONTAR
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Mentor:

Recenzentka:

Datum zagovora:

Julija Jelenko

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Du1
DK UDK 664.162:641.1:543.92(043)=163.6
KG živila, sladkor v živilih, neenergijska sladila, umetna sladila, saharidi, polioli, senzorične lastnosti
AV JELENKO, Julija
SA VIDRIH, Rajko (mentor), PAJK ŽONTAR, Tanja (recenzentka)
KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo
LI 2018
IN SENZORIČNA PRIMERJAVA NARAVNIH SLADKORJEV IN UMETNIH SLADIL V ŽIVILSKIH IZDELKIH
TD Diplomsko delo (Univerzitetni študij - 1. stopnja Živilstvo in prehrana)
OP VII, 23 str., 44 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI V živilski industriji se uporabljajo energijska in neenergijska sladila. V prvo skupino uvrščamo predvsem monosaharide in disaharide ter sladkorne alkohole. V skupino neenergijskih sladil pa sodijo umetna in naravna visokointenzivna sladila, ki jih uvrščamo med aditive. Zaradi naraščanja ljudi s čezmerno telesno maso, sladkorno boleznijo tipa 2 ter srčno žilnimi boleznimi, so neenergijska sladila pridobila pomembno vlogo v vsakodnevni prehrani, saj ne vplivajo na porast koncentracije glukoze v krvi. Zaznava sladkega okusa je različna pri energijskih sladilih in neenergijskih sladilih, saj so neenergijska sladila veliko bolj intenzivna. Pri energijskih sladilih pride do takojšnje zaznave sladkega okusa, ki traja relativno kratek čas. Neenergijska pa v primerjavi z energijskimi sladili lahko dajejo kovinski priokus, intenzivnejše in daljše trajanje sladkega okusa ali pa nezaželen grenak pookus. Vsa neenergijska sladila niso grenka, zato lahko s kombiniranjem različnih sladil prikrijemo določene nezaželene senzorične lastnosti enega izmed uporabljenih sladil. Mešanice sladil pa se ne uporabljajo samo za prikrivanje negativnih senzoričnih lastnosti, ampak lahko tako tudi povečamo samo intenzivnost zaznave sladkega okusa oziroma relativno stopnjo sladkosti.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Du1
DC UDC 664.162:641.1:543.92(043)=163.6
CX food, sugars in foods, non-energy sweeteners, artificial sweeteners, saccharides, polyols, sensory properties
AU JELENKO, Julija
AA VIDRIH, Rajko (supervisor)/PAJK ŽONTAR, Tanja (reviewer)
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Food Science and Technology
PY 2018
TI SENSORY COMPARISON OF NATURAL SUGARS VERSUS ARTIFICIAL SWEETENERS IN FOOD PRODUCTS
DT B. Sc. Thesis (Academic Study Programmes: Field Food Science and Nutrition)
NO VII, 23 p., 44 ref.
LA sl
AL sl/en
AB Energy and non-energy sweeteners are widely used in food industry. The first group includes saccharides and sugar alcohols. Non-energy sweeteners include synthetic and natural high intensity sweeteners. Due to the worldwide increase of obesity, the rise of type 2 diabetes and cardiovascular diseases, artificial sweeteners have been gaining an important role in daily diet due to their low energy value. Non-energy sweeteners are also suitable for patients with diabetes, as they do not affect the level of glucose in blood. The sweet taste is different in natural sugars and artificial sweeteners, as artificial sweeteners have much more intense taste. In natural sugars, a sweet taste is detected instantly, and it lasts relatively short time. Artificial sweeteners can give a metal taste, more intense and longer lasting sweet taste, or an unwanted bitter taste that does not occur in natural sugars. Artificial sweeteners are usually combined to achieve a desirable taste. With this combinations we mask certain unwanted sensory properties of certain sweeteners. Sweeteners are not only used to conceal negative sensory properties, but can also increase the intensity of the sensation of sweet taste.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	VII
1 UVOD	1
2 OGLJIKOVI HIDRATI	2
2.1 SENZORIČNE LASTNOSTI SLADKORJEV	2
3 LASTNOSTI POSAMEZNIH SLADKORJEV.....	3
3.1 SAHAROZA	3
3.2 GLUKOZA IN FRUKTOZA	3
3.3 OSTALI DISAHARIDI.....	3
3.4 POLIOLI ALI SLADKORNI ALKOHOLI	4
3.4.1 Sorbitol in manitol.....	4
3.4.2 Ksilitol.....	5
3.4.3 Eritritol	5
3.5 NEENERGIJSKA SLADILA	5
3.5.1 Aspartam	6
3.5.2 Acesulfam kalij	7
3.5.3 Saharin.....	7
3.5.4 Sukraloza.....	8
3.5.5 Neotam.....	9
3.5.6 Ciklambat	9
3.5.7 Steviol glikozidi.....	10
3.5.8 Taumatin	11
3.5.9 Uporaba različnih umetnih sladil.....	11
4 NEUGODNE POSLEDICE UŽIVANJA NARAVNIH SLADKORJEV IN UMETNIH SLADIL.....	11
5 ZAZNAVA SLADKEGA OKUSA.....	12
5.1 ODZIV AMIGDALE NA ZAUŽITJE SAHAROZE JE OBRATNO SORAZMERNEN UPORABI UMETNEGA SLADILA	13
5.2 ZAZNAVANJE SLADKEGA OKUSA PRI UMETNIH SLADILIH IN NARAVNIH SLADKORJIH	14
5.2.1 Potrošnikovo sprejemanje naravnih sladil v beljakovinskih pijačah s stališča senzorike	14
5.3 OPTIMALEN SENZORIČNI PROTOKOL ZA MODELIRANJE KONCENTRACIJ RAZLIČNIH SLADIL	15

5.4 SPREMEMBE REOLOŠKIH IN SENZORIČNIH ZNAČILNOSTI OB DODATKU UMETNIH SLADIL, SAHAROZE IN ASPARTAMA V JOGURT	16
6 DOLOČANJE VSEBNOSTI SLADKORJA IN SLADIL	16
7 POVZETEK.....	18
8 VIRI	20

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

ADI-sprejemljiv dnevni vnos (ang. Acceptable daily intake)

EFSA-Evropska agencija za varnost hrane (ang. European Food Safety Authority)

HDL-lipoprotein z visoko gostoto (ang. High density lipoprotein)

HPLC-tekočinska kromatografija z visoko zmogljivostjo (ang. High-performance liquid chromatography)

HVK-metoda heterogenih vrednosti koncentracije

LDL-lipoprotein z nizko gostoto (ang. Low-density lipoprotein)

MNEI-beljakovinski monelin

1 UVOD

Ogljikovi hidrati so pomemben vir energije, ki jih večino povezujemo tudi s sladkim okusom. Zdi se, da je privlačnost do sladkega okusa prirojena, saj se že novorojenčki pozitivno odzovejo na sladek okus v ustih, tudi če nimajo predhodnih izkušenj s tem okusom (Burke in Small, 2015).

Sladkorji so enostavni ogljikovi hidrati, ki so prijetnega, sladkega okusa in se uporabljajo kot sladila. Sladkorji zagotovijo hitro razpoložljivost energije za razvoj kognitivnih funkcij in telesne aktivnosti. Med glavne naravne sladkorje uvrščamo monosaharide: glukozo, fruktozo in disaharide, kot je saharoza. V dvajsetem stoletju pa se je začelo postavljati vprašanje, ali je čezmerno uživanje sladkorja povezano s porastom bolezni kot sta na primer sladkorna bolezen in debelost, raziskave pa so še vedno aktualne (Campos in sod., 2015).

Dokazano je, da povečano uživanje sladkorja predstavlja velik prispevek k povečanju debelosti, sladkorne bolezni tipa 2 in srčno žilnih bolezni (Whitehouse in sod., 2008).

Eden od pristopov zmanjšanja količine zaužitih sladkorjev je zamenjava energijsko bogatih, naravnih sladkorjev z neenergijskimi sladili v živilih in pijačah. Neenergijska sladila so običajno slajša od naravnih sladkorjev, omogočajo zmanjšanje energijske gostote živil in pijač in dajejo sladek okus, ki pa ni povsem enak naravnim sladkorjem. Imajo kovinski priokus in puščajo grenak pookus. Zaradi grenkega ter kovinskega okusa se uporabljajo različne mešanice sladil, saj lahko določena sladila zakrijejo negativne senzorične lastnosti drugega neenergijskega sladila ali pa skupaj zvišajo relativno stopnjo sladkosti. Sladek okus neenergijskih sladil je visokointenziven in traja dlje časa kot sladek okus pri energijskih sladilih (Miele in sod., 2017).

Najpogosteje uporabljena neenergijska sladila so saharin, aspartam, acesulfam kalij, neotam in steviol glikozid. Saharin je 300-krat slajši od saharoze, aspartam 200-krat in acesulfam kalij 120-krat (Sylvetsky in Rother, 2015). Neotam, ki je kemijsko podoben aspartamu, je trenutno najmočnejše sladilo na voljo z ocenjeno relativno stopnjo sladkosti, ki je 7000-krat večja od saharoze (Whitehouse in sod., 2008).

Glede na energijsko vrednost ločimo energijska in neenergijska sladila. V prvo skupino uvrščamo monosaharide in disaharide ter sladkorne alkohole. V skupino neenergijskih sladil uvrščamo umetna sladila (saharin, ciklomat, aspartam, acesulfam-K, sukralozo, neotam...) in naravna visoko intenzivna sladila (taumat, steviol glikozid...). Neenergijska sladila spadajo med aditive in jih označujemo s črko E in pripadajočo številko (Uredba (ES) št. 1333/2008).

2 OGLJIKOVI HIDRATI

Ogljikovi hidrati so najbolj razširjene organske spojine na svetu, ki imajo osrednjo vlogo pri metabolizmu živali in rastlin. Sestavljeni so iz ogljikovih (C), vodikovih (H) in kisikovih (O) atomov. Ogljikovi hidrati se delijo na monosaharide, disaharide in polisaharide. Monosaharidi so polihidroksi-aldehidi ali polihidroksi-ketoni, običajno z nerazvejano ogljikovo verigo. Polihidroksi-aldehidi (aldoze) izvirajo iz gliceraldehida, polihidroksiketoni (ketoze) pa iz dihidroksiacetona z vstavljanjem CHOH v ogljikove verige. Najbolj znani predstavniki so glukoza, fruktoza in galaktoza. Ko se dva monosaharida povežeta, nastane disaharid. Primer disaharida sta npr. saharoza in laktoza. Sestavljena sta iz dveh monosaharidnih enot, vezanih skupaj s kovalentno vezjo, znano kot glikozidna vez, ki nastane z reakcijo dehidracije, kar povzroči izgubo vodikovega atoma iz enega monosaharida in hidroksilne skupine iz drugega monosaharida (Belitz in Grosch, 1999).

Oligosaharidi so tudi ogljikovi hidrati, ki pa so pridobljeni iz monosaharidov in sicer z eliminacijo vode (Belitz in Grosch, 1999).

2.1 SENZORIČNE LASTNOSTI SLADKORJEV

Mono- in oligosaharidi ter njihovi ustrezni sladkorni alkoholi so sladkega okusa, z nekaj izjemami. β -D-manoza je sladko-grenkega okusa in nekateri oligosaharidi so grenki. Najpomembnejša sladila ogljikohidratnega izvora so saharoza, škrobni sirup, ki je mešanica glukoze, maltoze in malto-oligosaharidov ter glukoze. Poznamo tudi invertni sladkor, fruktozo, laktozo in sladkorne alkohole, kot so sorbitol, manitol in ksilitol. Sladkorji se med sabo razlikujejo glede na intenzivnost sladkega okusa. Saharoza se od ostalih sladkorjev razlikuje po prijetnem okusu, tudi pri visokih koncentracijah. Intenzivnost sladkega okusa oligosaharidov pada z daljšanjem verige. Intenzivnost okusa se lahko meri z določitvijo praga prepoznavanja sladkosti (najnižja koncentracija pri kateri se sladek okus še vedno zazna) ali s primerjavo z referenčno snovjo. Saharoza je običajno izbrana kot referenčna snov za primerjavo sladkosti z ostalimi sladkorji ter sladili in njene mejne vrednosti prepoznavanja se gibljejo od 0,01 in 0,037 mol/l. Mejna vrednost prepoznavanja sladkosti je povezana z afiniteto receptorjev za sladko substanco in je pomembna pri razjasnitvi odnosov med kemijsko strukturo spojine in njenim okusom. Kakovost in intenzivnost sladkega okusa sta odvisna ne le od strukture spojine, temveč tudi od drugih parametrov: pH vrednosti, temperature in prisotnosti dodatnih sladkih ali ne sladkih spojin. Splošno velja, da z višanjem temperature pada relativna sladkost spojine (Belitz in Grosch, 1999).

Splošni zaključek je, da je sestavo in koncentracijo sredstva za sladkanje potrebno prilagoditi za vsako posamezno živilo, da se zagotovi optimalno sladkost (Belitz in Grosch, 1999).

3 LASTNOSTI POSAMEZNIH SLADKORJEV

3.1 SAHAROZA

Živilski izdelki s sladkorjem vsebujejo predvsem saharozo. Saharoza ali namizni sladkor je nereducirajoči disaharid, ki ima 1631,7 kJ/100g (390 kcal/100g). Sestavljena je iz dveh monosaharidov: glukoze in fruktoze, ki sta reducirajoča sladkorja in sta povezana z etrsko vezjo. Za človeško prehrano se saharoza pridobiva iz sladkornega trsa ali sladkorne pese. Kristali saharoze so beli, brez vonja in imajo sladek okus. Pri sobni temperaturi je v trdnem agregatnem stanju, njeno tališče pa je pri 186 °C. Za relativno stopnjo sladkosti saharoze velja mednarodni dogovor 100. Saharoza je najslajša pri temperaturah od 32 do 38 °C (Clemens in sod., 2016). V želodcu se saharoza delno razgradi z želodčno kislino na glukozo in saharozo, nekaj pa jo razgradi encim saharaza na steni tankega črevesa, kjer se potem lahko glukozo in fruktoza tudi absorbirata (Edwards, 2000).

3.2 GLUKOZA IN FRUKTOZA

Glukoza je heksoza, saj je sestavljena iz 6 atomov ogljika, 12 atomov vodika in 6 atomov kisika. Glukoza se nahaja v krvi živali in ljudi kot krvni sladkor. Nastane med postopkom fotosinteze iz vode in ogljikovega dioksida s pomočjo sončne svetlobe. Je najpomembnejši vir energije za celično dihanje. Glukoza je shranjena kot polimer, in sicer v rastlinah kot škrob in pri živalih kot glikogen. Glukoza je nekoliko manj sladka od saharoze, fruktoza pa je dvakrat slajša od glukoze (Edwards, 2000).

Fruktoza ali sadni sladkor je preprost ketonski monosaharid, ki ga najdemo v mnogih rastlinah, kjer je pogosto vezan na glukozo (skupaj tvorita saharozo). Previsoke koncentracije fruktoze lahko povzročajo pekoč okus. Prednost fruktoze je, da se v primerjavi z ostalimi sladkorji presnavlja neodvisno od inzulina, zato se velikokrat uporablja za sladkorne bolnike. Prav tako lahko sladkorni bolniki uporabljajo različne poliole, ki se počasi absorbirajo, tako da krvni sladkor zelo malo naraste. V zadnjem času pa je bilo ugotovljeno, da se lahko z visoko fruktoznimi dietami, še posebej, če dodamo fruktozo v predelana živila, povzroči hiperinsulinemijo, hipertrigliceridemijo in odpornost proti insulinu, kar je privedlo do priporočila, da se njihova uporaba omeji zgolj na diabetike (Edwards, 2000).

3.3 OSTALI DISAHARIDI

Poleg saharoze poznamo še disaharide, kot sta laktoza in maltoza. Maltoza je disaharid sestavljen iz dveh glukoz, ki sta povezani z α -1,4-glikozidno vezjo. Laktoza pa je glavni sladkor najden v mleku in mlečnih izdelkih. V telesu se mora

razgraditi, da se lahko absorbira in sicer v prebavnem traktu s pomočjo encima laktaze (Edwards, 2000).

3.4 POLIOLI ALI SLADKORNI ALKOHOLI

Sladkorni alkoholi ali polioli so ogljikovi hidrati, ki so naravno prisotni v sadju in zelenjavi. Polioli, pridobljeni iz sladkorja imajo na splošno nižjo energijsko vrednost kot sladkor in imajo nizek glikemični indeks ter ne povzročajo zobne gnilobe. Absorbirajo se počasneje od običajnega sladkorja in nepopolno, zato imajo nizek doprinos energije. Polioli so: sorbitol (hidrogenirana glukoza), maltitol (hidrogenirana maltoza), laktitol (hidrogenirana laktoza), izomalt, eritritol in polidekstroza (Edwards, 2000).

Ne vplivajo na razvoj zobne gnilobe, zato se uporabljajo kot sladila. Vendar pa polioli nimajo samo pozitivnih učinkov. V črevesju se težko absorbirajo, tako da lahko povzročijo napenjanje ali drisko, saj jih mikrobiota fermentira (Campos in sod., 2015).

Negativna posledica uživanja poliolorov, razen eritritola, je odvajalni učinek, ki je osmotskega izvora, kjer neabsorbiran material poruši osmotsko ravnovesje v črevesju. Eritritol ne povzroča odvajalnega učinka, ker se izloča preko ledvic (Edwards, 2000). Živila, ki vsebujejo več kot 10 % dodanih poliolorov, dovoljenih v skladu z Uredbo (ES) št. 1333/2008 morajo imeti na embalaži opozorilo: „Prekomerno uživanje ima lahko odvajalni učinek“ (Uredba (EU) št. 1169/2011).

Maltitol je proizveden s hidrogeniranjem maltoze v čisti maltozno glukozni sirup. Maltoza ima to prednost, da je disaharid, ki je najbolj podoben saharozi. Izomalt je kemijsko narejen iz saharoze. Polidekstroza je sintetični polimer. Odvajalni učinek narašča s koligativnimi lastnostmi, in ker ima polidekstroza visoko molekulsko maso, je odvajalni učinek manj intenziven kot pri polioli z nizko molekulsko maso (Edwards, 2000).

3.4.1 Sorbitol in manitol

Sorbitol (E420) in manitol (E421) sta izomeri: snovi, ki imajo enako kemijsko formulo in molekulsko maso, vendar se lahko razlikujejo po kemijskih lastnostih in strukturi. Obe molekuli sladkornega alkohola obsegata šest ogljikovih atomov, štirinajst vodikovih in šest atomov kisika. Obe molekuli imata enako molekulsko maso 182,17 g/mol, vendar obstajajo razlike v kemijskih lastnostih. Manitol ima tališče od 327 do 336 °C, medtem ko se sorbitol stopi med 201 in 208 °C. V čisti obliki sta oba bela praška, brez vonja, vendar manitol včasih tvori zrnca. Sorbitol in manitol sta naravno prisotna v rastlinah, algah in bakterijah. Oba sta pridobljena iz fruktoze. Sorbitol se pogosto nahaja v sadju, kot so jabolka, hruške in suhe slive. Manitol ima približno polovično relativno stopnjo sladkosti saharoze, sorbitol pa približno 60 %. Manitol ima energijsko vrednost 6,7 kJ/g (1,6 kcal/g), sorbitol pa 10,9 kJ/g

(2,6 kcal/g). Za primerjavo, sladkor daje 16,7 kJ/g (4 kcal/g). Tako kot sladkor se sorbitol lahko uporablja tudi v pecivih. Manitol se na drugi strani pogosto uporablja v suhem sadju in žvečilnih gumijih ter na enak način, kot bi uporabljali sladkor v prahu (Koh in sod., 2018).

3.4.2 Ksilitol

Ksilitol (E967), poliol s petimi ogljiki, dobljen s hidrogeniranjem ksiloze, je bil sintetiziran leta 1891 in ima 95 % relativno stopnjo sladkosti saharoze. Je brezbarvna ali bela trdna snov, ki je topna v vodi. Od vseh poliolov je najslajšega okusa in prispeva le 10,0 kJ/g (2,4 kcal/g). To spojino dobimo z ekstrakcijo iz breze in drugega lesa, mandljevih lusk, koruznih storžev, iz slame in papirja. Ksilitol se nahaja tudi v številnih vrstah sadja in zelenjave. Znano je, da čisti zobe in zmanjša bakterijsko obremenitev v ustih. Ksilitol se uporablja v žvečilnih gumijih, osvežilnih pijačah, pečenih izdelkih, zdravilih ali prehranskih dopolnilih, ni pa običajno sladilo v gospodinjstvu (Carocho in sod., 2017).

3.4.3 Eritritol

Eritritol (E968) je naravno prisoten v nekaterih plodovih (melona, hruška in grozdje), pa tudi v zelenjavi, gobah, medu in morskih algah. Uporablja se v pekovskih izdelkih, fermentiranem mleku, sladkarijah in čokoladah. Ima od 60-80 % relativno stopnjo sladkosti saharoze in ima zelo nizek energijski prispevek, le 1,3 kJ/g (0,3 kcal/g), zato je varen za diabetike. Poleg tega se eritritol zlahka absorbira skozi črevo in se malo presnovi, saj se skoraj v celoti izloči z urinom. Eritritol se šteje za varen dodatek, saj ni bilo dokazanih negativnih posledic uživanja tega sladila (Carocho in sod., 2017).

3.5 NEENERGIJSKA SLADILA

Neenergijska sladila zagotavljajo sladek okus brez energijske vrednosti. Odločitev za uporabo neenergijskih sladil je lahko koristna za tiste, ki morajo v svojih dietah omejiti sladkor (npr. diabetiki). Vendar znanstveniki niso vedno enotni glede priporočil o količini uporabe neenergijskih sladil, saj naj bi po nekaterih študijah uživanje pretiranih količin neenergijskih sladil pri nekaterih lahko povzročila limfome, levkemijo, raka na mehurju in možganih, sindrom kronične utrujenosti, Parkinsonovo bolezen, Alzheimerjevo bolezen, multiplo sklerozo, avtizem in sistemski lupus (Whitehouse in sod., 2008). Potrošnike in proizvajalce živilskih izdelkov že dolgo zanimajo prehranska sladila, ki zamenjujejo saharozo v živilih, izboljšujejo okus, hkrati pa zmanjšujejo energijski vnos in tveganje za razvoj zobnega kariesa. Umetna sladila so prisotna v številnih živilih. Pijače, še posebej pa gazirane pijače predstavljajo največji delež porabe umetnih sladil po vsem svetu (Sylvetsky in Rother, 2015). Večino umetnih sladil telo ne presnavlja in zato veljajo za varne (Whitehouse in sod., 2008).

Sladila so razvrščena kot hranilna in nehranilna glede na to, ali so vir energije. Umetna sladila, pa vključujejo snovi iz več različnih kemijskih skupin, ki sodelujejo z receptorji za okus. Spadajo med aditive in običajno presegajo relativno sladkorno stopnjo saharoze za 30 do 13.000-krat. Poznamo pa tudi intenzivna neenergijska sladila, ki jih lahko pridobivamo iz naravnih virov, kot so steviol glikozidi, pridobljeni iz listov rastline Stevia, in taumatin, ki ga pridobivajo iz sadežev Afriške rastline (Whitehouse in sod., 2008).

Vsa neenergijska sladila, tudi takšna iz naravnih virov morajo biti potrjena s strani EFSE, tako postanejo dovoljena za uporabo v živilskih izdelkih. Aditive za živila ureja Evropska agencija za varnost hrane (EFSA), ki je bila ustanovljena leta 2002. Sedež organizacije se nahaja v Parmi, v Italiji. EFSA pregleduje podatke o vseh novih snoveh, za katere se upravičeno pričakuje, da bodo nekoč postali sestavine živil. Čeprav se EFSA pogosto osredotoča na kronično toksičnost, ki vključuje učinke na plodnost, razmnoževanje, razvoj ploda, rakotvornost in mutagenost, je ocena akutnih učinkov na živčni sistem ter srčno žilni sistem tudi potrebna. Potrebno je epidemiološko ovrednotenje ali ocena tveganja uporabe določenih umetnih sladil (Whitehouse in sod., 2008).

Občutljive populacije za potencialne škodljive učinke umetnih sladil vključujejo diabetike, otroke, nosečnice, ženske v rodni dobi, doječe matere, posameznike, ki trpijo za migrenami. Za te občutljive populacije je potrebno več študij. Pomemben poudarek mora biti pri otrocih, ker zaužijejo večje količine hrane in pijače na kilogram telesne mase. Prav tako je potrebno več raziskav o vplivu umetnih sladil pri sladkornih bolnikih, ker ta populacija verjetno zaužije večje količine živil s sladili (Renwick, 2006).

3.5.1 Aspartam

Aspartam (E951) je dipeptid s štirinajstimi ogljikovimi atomi, osemnajstimi vodikovimi atomi, dvema dušikovima in petimi kisikovimi atomi. Znan je tudi pod trgovskim imenom Nutrasweet. Aspartam ima čist sladek okus, ki pride kmalu do izraza in ne pušča pookusa. Čeprav se aspartam popolnoma presnovi v telesu, zaradi majhnih količin ne prispeva k energijski vrednosti živilskega izdelka. Njegova relativna stopnja sladkosti je 200-kratna sladkosti saharoze (Edwards, 2000).

Leta 1965 je kemik pri G. D. Searluu preučeval zdravljenje razjed na želodcu. Za testiranje novih zdravil so biologi uporabili tetrapeptid, ki se običajno proizvaja v želodcu. Za sintezo tetrapeptida je bila ena od postopkov izdelava intermediata, aspartil-fenilalanin metil estra. Majhna količina spojine je pristala na prstu kemika, ta je obliznil prst in odkril sladek okus (Whitehouse in sod., 2008).

Aspartam lahko najdemo v široki paleti pripravljenih živil (npr. gaziranih brezalkoholnih pijačah, žvečilnih gumijih, slaščicah, želatini, pudingih in polnilih, zamrznjenih sladica in

jogurtih), namiznemu sladkorju in nekaterih zdravilih. Živila, ki vsebujejo aspartam/sol aspartama-acesulfama, dovoljeno v skladu z Uredbo (ES) št. 1333/2008 morajo imeti navedeno na označbi: vsebuje aspartam (vir fenilalanina), saj tako preprečijo, da bi ljudje z redko genetsko motnjo zaužili fenilalanin (Uredba (EU) št. 1169/2011).

Po zaužitju se aspartam v intestinalnem lumnu hidrolizira do asparaginske kisline, fenilalanina in metanola. Te sestavine se nato absorbirajo v kri. Pokazalo se je, da se metanol, kasneje presnavlja v formaldehid in mravljinčno kislino (Whitehouse in sod., 2008).

Aspartam je daleč najbolj sporno umetno sladilo zaradi svoje potencialne toksičnosti. Raziskave dokazujejo rakotvorni potencial te spojine. Pokazale so pomembno povečanje malignih tumorjev pri moških, povečanje incidence limfomov in levkemij pri moških in ženskah ter povečanje incidence raka pri ženskah. Povečana prevalenca za rakava obolenja pa se pojavi tudi ob nosečnosti (Soffritti in sod., 2007).

V drugih objavljenih poročilih sta Blumenthal in Vance (1997) poročala o treh študijah primerov, v katerih so ženske stare 40, 32 in 26, trpele zaradi hudih migren, ko so žvečile žvečilni gumi z dodatkom aspartama.

3.5.2 Acesulfam kalij

Acesulfam-K (E950) ima podobno relativno stopnjo sladkosti kot aspartam, ampak je v primerjavi z aspartamom bolj toplotno stabilen in ga lahko dodamo že pred toplotno obdelavo. Ponavadi je acesulfam K uporabljen v kombinaciji z aspartamom (Edwards, 2000).

Acesulfam-K je bil odkrit leta 1967, odkril ga je Karl Clauss. V glavnem se uporablja za zmanjšanje grenkega okusa aspartama. Lahko ga najdemo v pecivih, zamrznjenih sladica, pijačah... (Whitehouse in sod., 2008). Uporablja se tudi v kombinaciji z glukozo, fruktozo, saharozo in sukralozo, saj poveča intenziteto sladkosti (O'Donnell, 2005). Acesulfam-K se izloči iz telesa nespremenjen, vendar pa je pri višjih odmerkih genotoksičen (Whitehouse in sod., 2008).

Prav tako, kot pri aspartamu morajo imeti živilski izdelki, ki vsebujejo acesulfam, navedeno na označbi: vsebuje vir fenilalanina (Uredba (EU) št. 1169/2011).

3.5.3 Saharin

Saharin (E954) je najstarejši izmed umetnih sladil. Ima enako relativno stopnjo sladkosti kot aspartam in acesulfam K, vendar pa poslabša senzorične lastnosti, zaradi grenkega pookusa.

Je bolj stabilen od aspartama in manj od acesulfam K. Pri uporabnikih ni prišlo do povečanega tveganja za raka. Saharin se v telesu ne presnovi (Edwards, 2000).

Saharin je bil odkrit leta 1879, ko je Constantine Fahlberg raziskoval oksidacijske mehanizme toluensulfonamida. Med raziskavami mu je snov po naključju pljusnila na prst in kasneje ga je obliznil (Arnold, 1983). Od takrat so odkrili številne nove spojine in jih uporabili kot aditive v živilih za doseganje sladkega okusa. Saharin se uporablja od leta 1900, odobritev FDA pa je dobil leta 1970. Je 300-krat slajši od saharoze. Z njim se lahko sladka različne izdelke, vključno z brezalkoholnimi pijačami, pecivom, marmelado, žvečilnimi gumiji, konzerviranim sadjem, sladkarijami, sladolednimi in solatnimi prelivami. Saharin se uporablja tudi v kozmetičnih izdelkih (npr. zobna pasta, ustne vode in sijaj za ustnice), vitaminih in zdravilih (Whitehouse in sod., 2008).

Saharin se tvori z začetno reakcijo med toluenom in klorosulfonsko kislino. Nato se pretvori v sulfonamid z amonijakom, se oksidira v benzojsko kislino in segreje, da tvori ciklični amid. Biološko se po zaužitju saharin ne absorbira, saj se izloča skozi ledvice nespremenjen, zato menijo, da je varen (Whitehouse in sod., 2008).

Študije izpostavljenosti saharinu prikazujejo tako pozitivne kot negativne posledice. Lahko povzroča raka pri podganah, psih in ljudeh. Študije so jasno pokazale, da je bilo pri podganah, ki so bile izpostavljene dietam s 5 do 7,5 % saharina ugotovljena povečana pogostnost raka sečnega mehurja, večinoma pri moški populaciji. Ugotovljeno je bilo, da se saharin ne metabolizira; je nukleofil in se ne veže na DNA, vendar pa zavira proizvodnjo protiteles pri glodalcih. Rezultati te študije so povzročili prepoved saharina v Kanadi in predlagano prepoved v Združenih državah (Arnold, 1983). Ta predlagana prepoved iz ZDA je bila umaknjena leta 1991, vendar je hrana, ki je vsebovala saharin morala nositi opozorilno nalepko. Ta opozorilna nalepka je bila dana na vse izdelke, ki vsebujejo saharin, da bi označili, da je saharin potencialni povzročitelj raka. Prihodnje raziskave, ki kažejo na varnost tega izdelka, so privedle do preklica te odločbe leta 2000. Prepoved saharina še vedno velja v Kanadi (Whitehouse in sod., 2008).

3.5.4 Sukraloza

Sukraloza (E955) je klorirana saharoza in ni prebavljiva (Edwards, 2000).

Sukraloza je bila naključno odkrita leta 1976, ko sta Tate in Lyle iskala način uporabe saharoze kot kemičnega intermedijata. Podiplomski študent je napačno razumel zahtevo za "preizkušanje" kloriranega sladkorja kot zahtevo za degustacijo, kar je pripeljalo do odkritja, da je veliko kloriranih sladkorjev sladkih, z intenzivnostmi, ki so nekaj 100 ali 1000-krat večje od relativne stopnje sladkosti saharoze. Sukraloza ima 600-krat večjo relativno stopnjo sladkosti saharoze in nima energijske vrednosti (Whitehouse in sod., 2008).

Sukraloza je molekula saharoze, v kateri so tri hidroksilne skupine zamenjane z atomi klora. Čeprav je sukraloza izdelana iz namiznega sladkorja, nima energijske vrednosti, ker se ne prebavi v telesu. Roberts in sodelavci (2000) so raziskovali radioaktivne metabolite sukraloze pri ljudeh. Njihova raziskava je pokazala, da je sukraloza glavna sestavina v urinu skupaj z dvema dodatnima polarnima komponentama.

Toksikološke študije sukraloze kažejo le majhen učinek, najpomembnejša ugotovitev pa je skrčen priželjc z dieto s 5 % sukralozo. Bigal in Krymchantowski (2006) razpravljata tudi o migrenah, ki jih sproži sukraloza.

3.5.5 Neotam

Neotam (E961) je najnovejše umetno sladilo, ki izvira iz aspartama. Njegova kemijska struktura je N- [N- (3,3-dimetilbutil) -L-a-aspartil] -L-fenilalanin 1-metil ester. Namenjen je uporabi v živilskih izdelkih kot sladilo in ojačevalec okusa. Neotam ima relativno stopnjo sladkosti približno 7000 do 13000 krat večjo od saharoze in približno 30 do 60-krat večjo kot aspartam. Panel je določil sprejemljiv dnevni vnos (ADI) 0-2 mg/kg telesne mase/dan (EFSA, 2007).

Neotam nastane z reakcijo med aspartamom in 3,3-dimetilbutiraldehidom, čemur sledi čiščenje, sušenje in mletje. Neotam je na splošno stabilen, najboljši pa se skladišči pri 60 % relativni vlažnosti in 25 °C (EFSA, 2007).

Neotam lahko najdemo v pečenih izdelkih, brezalkoholnih pijačah, žvečilnih gumijih, zamrznjenih izdelkih, zamrznjenih sladicah, džemih, želejih, želatinah, pudingih, predelanih sadjih, prelivih in sirupih (Whitehouse in sod., 2008).

Neotam se metabolizira s hidrolizo metil estra preko esteraz, prisotnih po celotnem telesu. Neotam in deesterificiran neotam se hitro očistita iz plazme. V telesu se neotam popolnoma odstrani z urinom in z iztrebki v 72 urah. Varnost neotama je bila raziskana v študijah *in vitro* ter študijah na miših, podganah, kuncih in psih. Rezultati kažejo, da neotam ni genotoksičen, rakotvoren, teratogen ali povezan s kakršnokoli reproduktivno oziroma razvojno toksičnostjo (EFSA, 2007).

3.5.6 Ciklamat

Ciklamat (E952) je izraz, ki ga uporabljamo za umetno sladilo ciklamično kislino (cikloheksilsulfaminska kislina) in njene kalcijeve ali natrijeve soli. Ciklamat je bil odkrit leta 1937 na Univerzi v Illinoisu, po naključnem onesnaženju cigarete z derivatom cikloheksilamina. Ciklamat se ne presnavlja v človeškem telesu in njegova relativna stopnja sladkosti je 30-krat večja od saharozine (Lawrence, 2003). Vendar pa ga nekateri

posamezniki v določeni meri presnavljajo v črevesju. Ciklamat je stabilen pri visokih in nizkih temperaturah, ima dolg rok trajanja in prijeten aromatični profil, primeren je za kuhanje in pečenje. Zlasti v kombinaciji z drugimi sladili ima ciklamat široko paleto uporabe v živilih in pijačah (Bassoli in Merlini, 2003).

3.5.7 Steviol glikozidi

Steviol glikozidi (E960) so naravna sladila, pridobljena iz listov *Stevia rebaudiana* Bertoni. Je glavna sladka komponenta v listih. Prednost steviol glikozida kot prehranskega sladila za ljudi je njegova toplotna stabilnost (do 198 °C), nima energijske vrednosti, ne povzroča kariesa in odpira možnost uporabe za bolnike s sladkorno boleznijo in debele osebe. Steviol glikozid ima zelo nizko akutno oralno toksičnost pri miših, podganah in hrčkih (Geuns, 2003).

Steviol glikozidi so neenergijske sestavine sladkega okusa, ki se lahko uporabljajo kot nadomestila za energijske sladkorje v nekaterih pijačah, s čimer se zmanjša energijska vrednost navedenih proizvodov. Agencija je leta 2010 sprejela znanstveno mnenje o varnosti steviol glikozidov za uporabo kot sladilo za živilo. Določila je tudi sprejemljiv dnevni vnos, in sicer 4 mg/kg telesne mase/dan, izraženo kot ekvivalenti steviola (Uredba komisije (EU) 2016/479).

Stevia je majhen trajni grm, ki se že stoletja uporablja kot biološko sladilo in za druge medicinske uporabe, kot je znižanje krvnega sladkorja. Ima od 100 do 300-kratno relativno stopnjo sladkosti saharoze. Skupaj s sladkostjo pa ljudje občutijo tudi grenak okus v ustih, kot pri večini ostalih sladilih (Goyal in sod., 2009).

Pri prostovoljcih so raziskali učinek steviol glikozida na raven glukoze v krvi. Preiskovanci so 3 dni na vsakih 6 ur zaužili vodni ekstrakt stevije. Rezultati so pokazali, da je uživanje povzročilo znižanje koncentracije glukoze v krvi. Poleg tega je bilo nedavno pokazano, da lahko steviol glikozidi neposredno povzročijo, da beta celice v trebušni slinavki začnejo sproščati inzulin. Avtorji so ugotovili, da ima ta rastlina morebitno uporabo pri zdravljenju sladkorne bolezni tipa 2. *Stevia* je varna za diabetike, saj ne vpliva na raven sladkorja v krvi. Nima nevroloških ali ledvičnih stranskih učinkov kot druga neenergijska sladila. Ima tudi protimikrobne lastnosti. Lahko se varno uporablja v zdravilih rastlinskega izvora, tonikih za diabetične bolnike in tudi v preparatih, kot so ustne vode in zobne paste. Čaj iz listov pa ponuja odlično olajšavo za razdražen želodec, vendar je pri nas prodaja rastline prepovedana. Priporoča se blago do zmerno uporabo, kjer kot dodatek ne kaže nobenih nezaželenih stranskih učinkov (Goyal in sod., 2009).

Cilj naslednje študije je bil oceniti učinek steviol glikozida kot nadomestka saharoze pri podganah v različnih odmerkih (25, 250, 500 in 1000 mg/kg telesne mase/dan). Rezultati so

pokazali znatno zmanjšanje telesne mase. Podgane, ki so uživale 500 mg/kg telesne mase/dan steviol glikozida, namesto sladkorja, so shujšale, zmanjšala se jim je koncentracija glukoze v krvi, zmanjšal se jim je skupni holesterol, prav tako LDL ter povečal HDL. Steviol glikozid v koncentraciji 500 mg/kg telesne mase/dan se šteje za varen odmerek tudi za ljudi s sladkorno boleznijo, še posebej pri posameznikih, ki morajo izgubiti telesno maso, da bi lažje nadzirali nivo glukoze v krvi (Elnaga in sod., 2016).

3.5.8 Taumatín

Je nizko energijsko beljakovinsko sladilo in ojačevalec okusa. Taumatín (E957) se pridobiva iz sadeža zahodnoafriške rastline *Thaumatococcus daniellii*, in je povsem naravno sladilo z intenzivno sladkostjo (Bassoli in Merlini, 2003). Omejitev taumatína je, da sladkost pride počasi do izraza, vendar pa traja dolgo časa in pušča pookus po sladkem korenu. Njegova relativna stopnja sladkosti je od 2000 do 3000-krat večja od saharozine in se uporablja kot sladilo in ojačevalec okusa (Edwards, 2000).

V telesu se taumatín presnavlja, tako kot vsi drugi prehranski proteini. Taumatín je stabilen v liofilizirani obliki in je topen v vodi in vodni raztopini alkohola. Je toplotno stabilen v širokem pH območju. Taumatín deluje pa tudi sinergistično, če je kombiniran z drugimi nizko energijskimi sladili (Bassoli in Merlini, 2003).

Taumatín ima zelo široko paleto aplikacij v hrani in pijačah. Veliko število študij je bilo izvedenih na živalih in ljudeh, vendar taumatín ne kaže neželenih posledic na človeško telo (Bassoli in Merlini, 2003).

3.5.9 Uporaba različnih umetnih sladil

Pred leti je bil saharin najpogosteje uporabljeno sladilo, vendar se zdaj zaradi svojega grenkega okusa malo uporablja. Aspartam se pogosto uporablja v pijačah brez energijske vrednosti, čeprav v kislih pijačah ni tako stabilen, kot bi si želeli. Acesulfam K ima grenak in kovinski okus, podobno kot saharin. Uporaben je v mešanica z aspartamom in sukralozo (Ashurst, 2016). Sukraloza se pogosto uporablja zaradi svoje visoke stabilnosti v širokem temperaturnem in pH območju (Dutra in Bolini, 2013).

4 NEUGODNE POSLEDICE UŽIVANJA NARAVNIH SLADKORJEV IN UMETNIH SLADIL

Študije so pokazale povezavo med visokim vnosom sladkih pijač in številnimi škodljivimi zdravstvenimi težavami. V presečni študiji so raziskali vpliv zauživanja sladkih brezalkoholnih pijač na zdravljenje neplodnosti z intracitoplazemskimi injekcijami. Bolnike so pred zdravljenjem z intracitoplazemskimi injekcijami sperme anketirali strokovnjaki za prehrano, pri čemer so uporabili vprašalnik o pogostnosti uživanja živil. Pri preiskovankah,

ki so brezalkoholne pijače z umetnimi sladili uživale več kot trikrat na dan, so opazili spremembe jajčnih celic ter zmanjšano razvitost zarodka. Posameznike je potrebno pred poskusom zdravljenja neplodnosti seznaniti z morebitnimi negativnimi učinki prekomernega uživanja umetnih sladil ter ustrezno prilagoditi prehrano (Setti in sod., 2018).

Študije poročajo tudi o vplivu aspartama in sukraloze na postprandialno hiperglikemijo. Postprandialna visoka raven inzulina je bila opažena tudi pri nekaterih drugih umetnih sladilih. V veliki metaanalizi je bilo ugotovljeno, da so umetna sladila lahko povezana tudi s tveganjem za nastanek sladkorne bolezni tipa 2. Čeprav se ob uživanju umetnih sladil zmanjša vnos energije, sladila sama po sebi morda nimajo nobenih koristnih učinkov pri nadzoru sladkorne bolezni, ker lahko umetna sladila spremenijo občutljivost na inzulin (Purohit in Mishra, 2018).

Umetna sladila lahko vplivajo tudi na osnovne učne procese, prenažedanje, zmanjšano sproščanje hormonov, kot je GLP-1 in poslabšanje regulacije glukoze v krvi. Poleg tega lahko umetna sladila spremenijo črevesno mikrobioto pri glodalcih. Pomisleki se pojavijo pri uporabi umetnih sladil pri otrocih, saj izpostavljenost hiper-sladkanim živilom in pijačam v mladosti lahko vpliva kasneje, v odrasli dobi, na povečano uživanje sladkih živil. Izpostavljenost umetnim sladilom lahko zmoti avtomatsko osnovno povezavo sladkega okusa z vnosom energije, kar bi lahko negativno vplivalo na regulacijo metabolnih procesov (Swithers, 2015).

Uživanje velikih količin sladkorja je bilo povezano s povečanim tveganjem za nastanek nekaterih kroničnih nenalezljivih bolezni, vključno z debelostjo, boleznimi srca in ožilja, sladkorno boleznijo, brezalkoholno zamaščenost jeter ter celo nekaterimi vrstami raka. Prekomerno uživanje in neustrezna ustna higiena vodi do zobnega kariesa. Nekateri viri poročajo tudi...Sladkor izčrpa telo kritičnih elektrolitov, antioksidantov in mineralov, kar vodi do celične smrti, mišičnih krčev, inzulinske rezistence in drugih zdravstvenih težav. Sladkorji hranijo bakterije, parazite ter kvasovke. Sladkor povzroča kronično vnetje v telesu, vnetja pa naj bi bila vzrok za skoraj vse bolezni (Evans, 2016).

Tako pridemo do zaključka, da se je najbolje osredotočiti na zmanjšanje vnosa sladil, ne glede na to ali so energijsko bogata ali ne, saj lahko le tako ohranimo optimalno telesno maso in omejimo razvoj najrazličnejših bolezni.

5 ZAZNAVA SLADKEGA OKUSA

Eden izmed petih človeških čutov je okus, ki ga zazna naš okušalni organ-jezik ob izpostavitvi topnim snovem. Okušalne celice ležijo v specializiranih strukturah, ki se nahajajo pretežno na jeziku in mehkem nebu. Večina okušalnih brbončic na jeziku se nahajajo v papilah, ki dajejo jeziku žameten videz (Smith in Margolskee, 2001).

V sistemu biološkega okusa lahko okušalne brbončice občutijo in prepoznajo pet osnovnih okusov, medtem ko se odzivne celice vrste II v ustnem epiteliju odzovejo na sladila (Zhang in sod., 2014).

Posebnost pri zaznavi sladkega okusa je ta, da sladkor ali neenergijska sladila ne vstopijo v okušalno celico, ampak sprožijo spremembe v samih celicah. Percepcija sladkega okusa se sproži v ustni votlini z vezavo sladkega okusa na receptor za sladko. Vežejo se na receptorje na površini okušalne celice, ti pa so povezani z molekulami imenovanimi G-proteini. G-proteini aktivirajo bližnji encim, ta pa pretvori prekursor, ki zapre kalijeve črpalke (Smith in Margolskee, 2001). Informacije iz aktiviranih receptorskih celic se prenesejo v možgane prek presinaptičnih celic, ki spodbujajo aferentna kranialna živčna vlakna. Aferentna živčna vlakna pokrivajo senzorični del, kranialna pa pomeni, da izhajajo iz možganov. Tako kot pri drugih signalnih omrežjih lahko ta sistem postane nasičen. Dolgotrajna ali ponavljajoča izpostavljenost lahko povzroči akutno prilagoditev ali zmanjšanje odzivnosti in občutljivosti na stimulant (Burke in Small, 2015).

Sladkost podajamo kot relativno stopnjo sladkosti. Odvisna je od vrste sladkorja, koncentracije sladkorja, temperature ob zaužitju sladkorja, vrednosti pH, prisotnosti ostalih sestavin v živilu in občutljivosti preskuševalca. Saharoza je standard za primerjavo relativne stopnje sladkosti z ostalimi sladili in ima relativno sladkost 100. Stopnja sladkosti se poda na osnovi mase (Serdoz, 2017).

5.1 ODZIV AMIGDALE NA ZAUŽITJE SAHAROZE JE OBRATNO SORAZMERN UPORABI UMETNEGA SLADILA

V raziskavi sta Rudenga in Small (2012) 26 ljudem skenirala možgane med uživanjem raztopin saharoze. Stimuli so bile raztopine saharoze s koncentracijo saharoze 0,045; 0,09; 0,13; 0,18; 0,32; 0,56; 0,7; 0,85; 1,0; 1,25; 1,5 in 2,0 mol/l. Uporabili so magnetnoresonančno skeniranje (fMRI-Functional magnetic resonance imaging), da bi preverili ali je rutinska uporaba posameznih umetnih sladil povezana z možganskim odzivom na sladek okus saharoze. Raziskovali so ali je uporaba umetnega sladila povezana z napačnim dojetjem povezave med sladkim okusom in posledicami, ki jih pušča prevelik energijski vnos v telesu. V skladu s hipotezo so ugotovili obratno razmerje med odzivom amigdale na uživanje saharoze in uporabo umetnih sladil, prav tako tudi v insuli. Amigdala in insula sta vpleteni v integracijo peroralnih senzoričnih in homeostatičnih signalov. Opažena je bila negativna korelacija med uporabo umetnih sladil in odzivom amigdale na uživanje saharoze. Ta ugotovitev podpira hipotezo, da je uporaba umetnih sladil povezana z možnimi spremembami v možganih, ki lahko vplivajo na prehranske navade (Rudenga in Small, 2012).

5.2 ZAZNAVANJE SLADKEGA OKUSA PRI UMETNIH SLADILIH IN NARAVNIH SLADKORJIH

Raziskovalci opozarjajo tudi na zasvojenost s sladkim okusom, ki pri posameznikih lahko povzroči nezavednemu uživanju hrane z visoko energijo vrednostjo ter posledično, pridobitev telesne mase (Whitehouse in sod., 2008). Študije kažejo, da obstajata dve vrsti signalnih transdukcijskih modelov, ki sta si različna, vendar sta soodvisna za zaznavanje različnih vrst sladkih dražljajev. Ena je ciklični adenozin monofosfat (cAMP), ki ga uporabljajo naravni sladkorji, kot je saharoza, da bi izzvali depolarizacijo membrane, druga pa je inositol trifosfat (IP3) in diacilglicerol (DAG), ki ga za signalizacijo uporabljajo umetna sladila. To pomeni, da je odziv receptorjev receptorskih celic na naravne sladkorje in umetna sladila lahko različen (Zhang in sod., 2014).

Zaznava sladkega okusa je različna pri naravnih sladkorjih in neenergijskih sladilih, saj so neenergijska sladila veliko bolj intenzivna. Pri naravnih sladkorjih pride do takojšnje zaznave sladkega okusa in traja relativno kratek čas. Neenergijska sladila lahko dajejo kovinski priokus, intenzivnejše in daljše trajanje sladkega okusa ali grenak pookus, ki se pri naravnih sladkorjih ne pojavlja (Miele in sod., 2017).

Vsa umetna sladila niso grenkega okusa. Acesulfam-K in taumatin ne povzročata grenkega pookusa, zato sta ti sladili primerni tudi kot samostojen sladilo k živilskim izdelkom in ne samo v kombinaciji z ostalimi sladili. Dokazano je bilo tudi, da celo prikrita kovinski in grenak okus ostalih sladil. Acesulfam-K najbolje prikritje grenak okus aspartama. Acesulfam-K pa se uporablja tudi v kombinaciji z glukozo, fruktozo, saharozo in sukralozo, saj poveča intenziteto sladkosti (Edwards, 2000). Taumatin prekrije za kovinske in grenke okuse. Za doseganje okusa, ki je bolj podoben saharozi, je potrebno taumatin zmešati z drugimi intenzivnimi sladili ali sladkorji. Sinergistično delovanje taumatina je bilo opaženo v kombinaciji s saharinom, acesulfam-K in steviol glikozidom, vendar pa ne z aspartamom in ciklamatom. Omejitev taumatina je, da sladkost pride počasi do izraza, vendar pa traja dolgo časa in pušča pookus po sladkem korenu. S kombiniranjem taumatina z alaninom in organskimi kislinami se podvoji zaznava sladkega okusa. Taumatin ima sposobnost krepitve nekaterih okusov in arom, kot so tiste v poprovi meti, meti, kavi in ingverju (Glória, 2003).

S kombiniranjem različnih sladil lahko dosežemo sinergistični učinek med sladili in na ta način prikritje določene nezaželene senzorične lastnosti enega izmed uporabljenih sladil (Edwards, 2000).

5.2.1 Potrošnikovo sprejemanje naravnih sladil v beljakovinskih pijačah s stališča senzorične

Neenergijska sladila uporabljamo za zmanjševanje vsebnosti sladkorja, ogljikovih hidratov in energijskega vnosa, imajo lahko v primerjavi s saharozo nezaželene grenke in kovinske

okuse. Zato moramo biti pri zamenjavi saharoze s sladili v proteinskih napitkih posebej pazljivi. Cilj študije, ki so jo izvedli Parker in sod. (2018) je bilo profiliranje senzoričnih lastnosti pripravljenih mešanic beljakovinskih pijač z naravnimi sladili, kot so steviol glikozid, menihovo sadje (*Siraitia grosvenorii*) in kristalinična fruktoza ter mešanico teh sladil. Rezultati raziskave so pokazale koristnost mešanja alternativnih sladil za zmanjšanje nezaželenih okusov. Mešanica, ki vsebuje 25 % steviol glikozida ali menihovega sadja, ni izzvala grenkega in kovinskega okusa nad pragom zaznave. Prav tako ni izzvala grenkega okusa mešanica s 50 % steviol glikozida in menihovega sadja. Pijače, sladkane s steviol glikozidom so dosegle najdaljše trajanje sladkega okusa, tiste sladkane s fruktozo pa so imele najkrajše trajanje sladkega okusa. Pijače, ki so bile sladkane s steviol glikozidom, so imele najvišjo intenzivnost in dolžino trajanja grenkega ter kovinskega okusa. Največja intenzivnost grenkega okusa je bila zaznana pri vseh sladilih in njihovih mešanicah v prvih 30 s. Med 5 mešanicami sladil je četrta mešanica (25 % steviol glikozida, 25 % menihovega sadja, 50 % fruktoze) najbolj ustrezala vsem parametrom senzorične zaznave in se je izkazala kot najbolj primerna za zamenjavo s saharozo v beljakovinskih pijačah (Parker in sod., 2018).

5.3 OPTIMALEN SENZORIČNI PROTOKOL ZA MODELIRANJE KONCENTRACIJ RAZLIČNIH SLADIL

Cilj te študije, ki so jo izvedli Choi in Chung (2014) je bil razviti optimalen protokol senzoričnih analiz za modeliranje koncentracije različnih sladil v sistemu posnetega mleka. Krivulja koncentracije in njenega odziva je bila modelirana za ksilozo, tagatozo, eritritol, sukralozo in steviol glikozid. Preizkušali so pet različnih koncentracij vsakega od omenjenih sladil, ki ustreza relativni stopnji sladkosti 1 %, 2 %, 3,5 %, 5 % in 7 % saharoze.

Sladkost sladil je v primerjavi s sladkostjo saharoze odvisna od protokola senzorične analize. Sladkost sladil (ksiloze, tagatoze, eritritola) je bila v najnižji koncentraciji podobna ali večja v primerjavi s saharozo pri tradicionalni metodi (koncentracije 5 različnih stopenj npr. ksiloza 1,6 %, 3,2 %, 5,6 %, 7,9 %, 11,1 %) ocenjevanja. Po drugi strani pa je bila sladkost umetnih sladil (ksiloze, tagatose, eritritola) značilno nižja pri uporabi metode heterogenih vrednosti koncentracije (HVK) (npr. set 1: saharoza 1 %, ksiloza 1,6 %, tagatoza 1,2 %, eritritol 1,7 %, sukraloza 0,002 %, steviol glikozid 0,04 %; set 2: saharoza 2 %, ksiloza 3,2 %, tagatoza 2,4 %, eritritol 3,3 %, sukraloza 0,004 %, steviol glikozid 0,08 %, etc.)

V primeru intenzivnih sladil (sukraloza, stevia) sta ti sladili v 4 koncentraciji manj sladki v primerjavi s saharozo po tradicionalni metodi, vendar slajši pri uporabi metode HVK. Intenzivnost zaznave sladkega okusa intenzivnih umetnih sladil je odvisna od uporabljene senzorične metode. Opazna je tendenca, da da tradicionalna metoda višje intenzivnosti sladkega okusa v nižjih koncentracijah medtem, ko da HVK metoda višje vrednosti. Od umetnih sladil je izstopal steviol glikozid, za katero so dokazali ravno obratni trend. Pri

uporabi HVK metode se sladkost s povečano koncentracijo povečuje, pri steviol glikozidu pa zmanjšuje.

Pomembna ugotovitev je, da se stopnja relativne sladkosti vsakega sladila spremeni, ko se spremeni koncentracija sladila. To razmerje med relativno stopnjo sladkosti in koncentracijo sladila linearno narašča (Choi in Chung, 2014).

5.4 SPREMEMBE REOLOŠKIH IN SENZORIČNIH ZNAČILNOSTI OB DODATKU UMETNIH SLADIL, SAHAROZE IN ASPARTAMA V JOGURT

Sladila in arome dodajajo jogurtom z namenom izboljšanja senzoričnih lastnosti in posledično sprejemljivosti pri potrošnikih. Vendar pa lahko dodatek sestavin in arom vpliva na kinetiko fermentacije jogurta, fizikalne ter senzorične lastnosti. Potrošniki dajejo prednost jogurtom, ki so "naravni". V raziskavi so Miele in sod. (2017) uporabili beljakovinski monelin (MNEI), pridobljen iz sadja (naravni vir), v obliki modificirane enojne verige. Cilj raziskave je bil preveriti uporabnost MNEI, s stališča reoloških značilnosti za jogurte, ki tako ne bi vsebovali dodatne energije iz sladkorja. Pripravili so 4 vzorce jogurta: nesladkanega, sladkanega z MNEI, z aspartamom in saharozo. Preučevali so kinetiko hlajenja in želatiniranje z uporabo reometra. Rezultati reoloških raziskav so pokazali, da uporaba aspartama, saharoze in MNEI na splošno ne vpliva na proces fermentacije jogurta ali njegove reološke lastnosti. Pokazale pa so se spremembe v samem okusu jogurtov po fermentaciji, saj je MNEI med fermentacijo izgubil sladek pookus. Zato bi se prihodnje študije morale osredotočiti na spremembe, ki se zgodijo v sladilih, kot je MNEI, če jih dodamo pred fermentacijo (Miele in sod., 2017). Glede na rezultate raziskave, ocenjujejo, da bi MNEI lahko bil uporabna alternativa za umetna sladila.

6 DOLOČANJE VSEBNOSTI SLADKORJA IN SLADIL

V zadnjem desetletju so raziskovali različne metode za določanje vsebnosti sladkorja. Med vsemi metodami sta tekočinska kromatografija z visoko zmogljivostjo (HPLC) in ionska kromatografija najbolj pogosto uporabljeni metodi za določanje koncentracije sladkorja. Za hitro določanje sladkorja je ročni refraktometer nenadomestljiv pripomoček, ki je enostaven za uporabo. Dela po načelu loma svetlobe, ki se spreminja s spreminjajočo sestavo raztopljenih snovi, zlasti sladkorjev. Aparatura nam s skalo poda neposreden odstotek sladkorja. Njegova velika prednost v primerjavi z ostalimi metodami merjenja vsebnosti sladkorja je v tem, da sok ni potrebno prefiltrirati ter temperature ni potrebno korigirati, saj se temperatura kapljice hitro izenači s temperaturo refraktometra (Šikovec, 1993).

Večina metod za določanje sladkosti neenergijskih sladil se lahko uporablja za vsako sladilo posebej. Ker pa se sladila uporabljajo večinoma v kombinacijah, torej več različnih sladil hkrati, so potrebne analitične metode, ki lahko določijo več posameznih komponent sladil v

eni analizi. Uporablja se veliko najrazličnejših metod, največkrat pa so uporabljene kromatografske metode. Ionska kromatografija je tudi primerno orodje za analizo kombinacije sladil v živilskih izdelkih, uporablja pa se tudi kapilarna elektroforeza. Ta tehnika ločevanja je v nekaterih situacijah celo bolj uporabna od HPLC, saj je čas analize kratek in poraba topil je majhna (Zygler in sod., 2009).

7 POVZETEK

Sladkorji predstavljajo pomemben vir energije. Glukoza predstavlja vir energije za telo in je najpomembnejši monosaharid v metabolizmu človeka. V rastlinah se sintetizira v procesu fotosinteze in skladišči v obliki polisaharidov. Sladkorji zagotavljajo v živilskih izdelkih ustrezne senzorične in tehnološke lastnosti. Vplivajo na okus, aromo, barvo in teksturo živil ter lahko podaljšajo rok uporabnosti. V živilski industriji se največkrat uporablja saharoza, zaradi svojih ugodnih tehnoloških lastnosti ter ugodnega ekonomskega vidika.

Vsi sladkorni alkoholi imajo manjšo relativno stopnjo sladkosti od saharoze, vendar pa se v veliki meri uporabljajo, saj ne dajejo bistvenega energijskega prispevka in ne povzročajo zobne gnilobe. Ksilitol ima med polioli največjo relativno stopnjo sladkosti, kar 95 % glede na saharozo. Relativna stopnja sladkosti eritritola je okoli 60 -80 % v primerjavi s saharozo. Eritritol je tudi edini polioli, ki ne povzroča prebavnih motenj.

Zaradi naraščanja ljudi s čezmerno telesno maso, sladkorno boleznijo tipa 2 ter srčno žilnimi boleznimi, so neenergijska sladila pridobila pomembno vlogo v vsakodnevni prehrani. Najpogosteje uporabljena umetna sladila so: aspartam, acesulfam-K, saharin, sukraloza, neotam, ciklamat... Umetna sladila imajo v primerjavi z naravnimi sladkorji kovinski okus in grenak pookus, zato se velikokrat uporabljajo različne kombinacije umetnih sladil, ki zabišejo negativne senzorične lastnosti. Aspartam ima sladek okus, ki pride kmalu do izraza in ima 200-krat večjo relativno stopnjo sladkosti od saharoze. Enako relativno stopnjo sladkosti ima tudi acesulfam-K, zato se ti umetni sladili večkrat kombinirata. Saharin pa pušča negativen grenak pookus. Neotam je najnovejše umetno sladilo in ima najvišjo relativno stopnjo sladkosti. Steviol glikozid in taumatin pa sta predstavnika visokointenzivnih neenergijskih sladil pridobljenih na naraven način. Steviol glikozid ima poleg sladkega okusa tudi grenak okus.

Danes je v živilski industriji trend uporabe mešanice sladil. Takšne mešanice imajo večjo intenzivnost sladkega okusa, lahko pa se tudi zmanjšajo negativne senzorične zaznave, kot je grenak pookus in kovinski okus. Zelo znan primer je mešanica saharina in ciklamata (1:10). Grenak okus po saharinu je v tem primeru prikrit s ciklamatom, neprijeten pookus ciklamata pa s saharinom.

Nizkoenergijska oziroma neenergijska sladila so sintetični sladkorni nadomestki, ki so lahko narejeni iz umetnih ali naravnih substanc. Ker se želje potrošnikov še naprej preusmerjajo k naravnim izdelkom, se pričakuje, da se bo svetovna poraba steviol glikozida, taumatina in podobnih sladil, povečala hitreje kot poraba drugih sladil (Sylvetsky in Rother, 2015).

Ena izmed možnosti za zmanjšanje vnosa sladkorja, ob upoštevanju izvedljivosti, stroškov, učinkovitosti ter sprejemljivosti pri potrošnikih, je tako nadomestitev sladkorjev z

neenergijskimi sladili. Do leta 2030 naj bi polovica ljudi po vsem svetu imela povišano telesno maso, če se bodo dosedanji trendi rasti odstotka ljudi s prekomerno telesno maso nadaljevali. Tako smo primorani poiskati rešitve v smislu zmanjšanja energijskega vnosa, če želimo zmanjšati bolezni povezane s prekomerno telesno maso.

8 VIRI

- Arnold D.L. 1983. Two-generation saccharin bioassays. *Environmental Health Perspectives*, 50: 27-36
- Ashurst P.R. 2016. Introduction. V: *Chemistry and technology of soft drinks and fruit juices*, 3rd ed. Ashurst P.R. (ur.). Hoboken, Wiley-Blackwell: 1-14
- Bassoli A., Merlini L. 2003. Sweeteners | Intensive. V: *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. Vol. 2. 2nd ed. Caballero B., Trugo L.C., Finglas P.M. (ur.). Amsterdam, Academic Press: 5688-5695
- Belitz H.D., Grosch W. 1999. *Food chemistry*. 2nd ed. Berlin, Springer-Verlag: 237-318
- Bigal M.E., Krymchantowski A.V. 2006. Migraine triggered by sucralose: A case report. *Headache*, 46: 515-517
- Blumenthal H.J., Vance D.A. 1997. Chewing gum headaches. *Headache*, 37, 10: 665-666
- Burke M.V., Small D.M. 2015. Physiological mechanisms by which non-nutritive sweeteners may impact body weight and metabolism. *Physiology & Behavior*, 152, Part B: 381-388
- Campos M.G., González M.A.S.J., Díaz Martín J.J., Comité de Nutrición de la Asociación Española de Pediatría. 2015. Use of sugars and sweeteners in children's diets. Recommendations of the Nutrition Committee of the Spanish Association of Paediatrics. *Anales de Pediatría*, 83, 5: 353.e1-353.e7
- Carocho M., Morales P., Ferreira I.C.F.R. 2017. Sweeteners as food additives in the XXI century: A review of what is known, and what is to come. *Food and Chemical Toxicology*, 107, Part A: 302-317
- Choi J., Chung S. 2014. Optimal sensory evaluation protocol to model concentration–response curve of sweeteners. *Food Research International*, 62: 886-893
- Clemens R.A., Jones J.M., Kern M., Lee S.Y., Slavin J.L., Zivanovic S. 2016. Functionality of sugars in foods and health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15, 3: 433-470

- Dutra M.B.L., Bolini H.M.A. 2013. Sensory and physicochemical evaluation of acerola nectar sweetened with sucrose and different sweeteners. *Food Science and Technology (Campinas)*, 33, 4: 612-618
- Edwards W.P. 2000. *The science of sugar confectionery*. Cambridge, The Royal Society of Chemistry: 23-29, 131-138
- Elnaga A., Massoud M.I., Yousef M.I., Mohamed H.H.A. 2016. Effect of stevia sweetener consumption as non-caloric sweetening on body weight gain and biochemical's parameters in overweight female rats. *Annals of Agricultural Sciences*, 61, 1: 155-163
- EFSA. 2007. Neotame as a sweetener and flavor enhancer: Scientific opinion of the panel on food additives, flavourings, processing aids and materials in contact with food. *EFSA Journal*, 5,11: 581. 10.2903/j.efsa.2007.581: 43 str.
- Evans C.E.L. 2016. Sugars and health: a review of current evidence and future policy. *Proceedings of the Nutrition Society*, 76, 3: 400-407
- Geuns J. 2003. Stevioside. *Phytochemistry*, 64, 5: 913-921
- Glória M.B.A. 2003. Sweeteners. V: *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. Vol. 2. 2nd ed. Caballero B., Trugo L.C., Finglas P.M. (ur.). Amsterdam, Academic Press: 5695-5702
- Goyal S.K., Samsher, Goyal R.K. 2009. Stevia (*Stevia rebaudiana*) a bio-sweetener: a review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 61, 1: 1-10
- Koh D.W, Park J.W., Lim J.H., Yea M.J., Bang D.Y. 2018. A rapid method for simultaneous quantification of 13 sugars and sugar alcohols in food products by UPLC-ELSD. *Food Chemistry*, 240: 694-700
- Lawrence J.F. 2003. Cyclamates. V: *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. Vol. 2. 2nd ed. Caballero B., Trugo L.C., Finglas P.M. (ur.). Amsterdam, Academic Press: 1712-1714
- Mayhew D.A., Comer C.P., Wayne Stargel W. 2003. Food consumption and body weight changes with neotame, a new sweetener with intense taste: differentiating effects of palatability from toxicity in dietary safety studies. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 38, 2: 124-143

- Miele N. A., Cabisidan E.K., Blaiotta G., Leone S., Masi P., Monaco R., Cavella S. 2017. Rheological and sensory performance of a protein-based sweetener (MNEI), sucrose, and aspartame in yogurt. *Journal of Dairy Science*, 100, 12: 9539-9550
- Miele N.A., Cabisidan E.K., Galiñanes Plaza A., Masi P., Cavella S., Di Monaco R. 2017. Carbohydrate sweetener reduction in beverages through the use of high potency sweeteners: Trends and new perspectives from a sensory point of view. *Trends in Food Science & Technology*, 64: 87-93
- Mooradia A.D., Smith M., Tokuda M. 2017. The role of artificial and natural sweeteners in reducing the consumption of table sugar: A narrative review. *Clinical Nutrition ESPEN*, 18: 1-8
- O'Donnell K. 2007. Carbohydrate and intense sweeteners. V: *Chemistry and technology of soft drinks and fruit juices*. 3rd ed. Ashurst P.R. (ur.). Hoboken, Wiley-Blackwell: 68-89
- Parker M.N., Lopetcharat K., Drake M.A. 2018. Consumer acceptance of natural sweeteners in protein beverages. *Journal of Dairy Science*, doi: 10.3168/jds.2018-14707: 15 str. (v tisku)
- Purohit V., Mishra S. 2018. The truth about artificial sweeteners – Are they good for diabetics? *Indian Heart Journal*, 70, 1: 197-199
- Roberts A., Renwicka A.G., Sims J., Snodin D.J. 2000. Sucralose metabolism and pharmacokinetics in man. *Food and Chemical Toxicology*, 38, Suppl. 2: S31-S41
- Rudenga K.J., Small D.M. 2012. Amygdala response to sucrose consumption is inversely related to artificial sweetener use. *Appetite*, 58, 2: 504-507
- Serdoz S. 2017. Sladkost in senzorična sprejemljivost različnih sladkorjev. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 25 str.
- Setti A.S., Almeida Ferreira Braga D.P., Halpern G., Cássia S.R.F., Iaconelli A., Borges E. 2018. Is there an association between artificial sweetener consumption and assisted reproduction outcomes? *Reproductive BioMedicine Online*, 36, 2: 145-153
- Smith D., Margolskee R. 2001. Making sense of taste. *Scientific American*, 284: 32-39
- Soffritti M., Belpoggi F., Tibaldi E., Esposti D.D., Lauriola M. 2007. Life-span exposure to low doses of aspartame beginning during prenatal life increases cancer effects in rats. *Environ Health Perspectives*, 115, 9: 1293-1297

Swithers S.E. 2015. Artificial sweeteners are not the answer to childhood obesity. *Appetite*, 93: 85-90

Sylvetsky C.A., Rother K.I. 2016. Trends in the consumption of low-calorie sweeteners. *Physiology & Behavior*, 164, Part B: 446-450

Šikovec S. 1993. Vinarstvo od grozdja do vina. Ljubljana, Kmečki glas: 59-60

Uredba (EU) št. 1169/2011 Evropskega Parlamenta in Sveta z dne 25. oktobra 2011 o zagotavljanju informacij o živilih potrošnikom. 2011. Uradni list Evropske Unije, 54, L304: 18-63

Uredba (ES) št. 1333/2008 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2008 o aditivih za živila. 2008. Uradni list Evropske Unije, 51, L354: 16-33

Uredba komisije (EU) 2016/479 z dne 1. aprila 2016 o spremembi Priloge II k Uredbi (ES) št. 1333/2008 Evropskega parlamenta in Sveta glede uporabe steviol glikozidov (E 960) kot sladila v nekaterih pijačah z zmanjšano energijsko vrednostjo ali brez dodanega sladkorja. 2016. Uradni list Evropske Unije, 59, L87: 1-3

Purohit V., Mishra S. 2018. The truth about artificial sweeteners – Are they good for diabetics? *Indian Heart Journal*, 70, 1: 197-199

Whitehouse C.R., Boullata J., McCauley L.A. 2008. The potential toxicity of artificial sweeteners. *Workplace Health & Safety*, 56, 6: 251-261

Zhang F., Zhang Q., Zhang D., Lu Y., Liu Q., Wang P. 2014. Biosensor analysis of natural and artificial sweeteners in intact taste epithelium. *Biosensors and Bioelectronics*, 54: 385-392

Zygler A., Wasik A., Namieśnik J. 2009. Analytical methodologies for determination of artificial sweeteners in foodstuffs. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 28, 9: 1082-1102