Specifičnosti umami okusnog doživljaja

Samodol, Ana

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:399930

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

prehrambeno biotehnološki fakultet

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište u Zagrebu

Prehrambeno-biotehnološki fakultet

Preddiplomski studij Nutricionizam

Ana Samodol

6634/N

SPECIFIČNOSTI UMAMI OKUSNOG DOŽIVLJAJA

ZAVRŠNI RAD

Modul: Senzorske analize hrane

Mentor: izv.prof.dr.sc. Ksenija Marković

Zagreb, 2015.

DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu **Završni rad**

Prehrambeno-biotehnološki fakultet

Preddiplomski studij Nutricionizam

Zavod za poznavanje i kontrolu sirovina i prehrambenih proizvoda

Laboratorij za kontrolu kvalitete u prehrambenoj industriji

SPECIFIČNOSTI UMAMI OKUSNOG DOŽIVLJAJA

Ana Samodol, 6634/N

Sažetak: Donedavno se smatralo kako postoje tek četiri osnovne okusne kvalitete koje uključuju slatko, slano, kiselo i gorko. Međutim, danas govorimo i o *petom okusu*, odnosno umami okusnom doživljaju koji još uvijek nije u potpunosti razjašnjen. Umami doživljaj važan je zbog raspoznavanja prisutnosti proteina u hrani, a doprinose mu brojni stimulansi od kojih se posebno ističu natrijev glutamat te 5'-inozin monofosfat i 5'-gvanozin monofosfat. Sinergističko djelovanje između stimulansa vrlo često rezultira jačim intenzitetom cjelokupnog okusnog doživljaja. Natrijev glutamat, koji se prirodno nalazi u mnogim namirnicama, često se dodaje u prehrambene proizvode kao aditiv. Iako natrijev glutamat kao aditiv pozitivno utječe na okusna svojstva proizvoda, u posljednje vrijeme spominju se i njegovi negativni učinci na zdravlje koji su predmet brojnih istraživanja. Stoga je cilj ovog rada, pregledom novije znanstvene literature, pojasniti dosadašnje spoznaje o umami okusnom doživljaju i sastojcima koji mu doprinose.

Ključne riječi: umami, natrijev glutamat, 5'-inozin monofosfat, 5'-gvanozin monofosfat, okusni doživljaj

Rad sadrži: 24 stranice, 4 slike, 1 tablicu, 27 literaturnih navoda

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u: Knjižnica Prehrambeno- biotehnološkog fakulteta, Kačićeva 23, Zagreb

Mentor: izv.prof.dr.sc. Ksenija Marković

Rad predan: rujna, 2015.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb **Final work**

Faculty of Food Technology and Biotechnology

Undergraduate studies of Nutrition

Department of Food Quality Control

Laboratory for Food Quality Control

CHARACTERISTICS OF UMAMI TASTE PERCEPTION

Ana Samodol 6634/N

Abstract: Until recently, it was believed that there were only four basic taste qualities, i.e. sweet, salty, sour, and bitter. However, today there is even the „fifth taste", i.e. umami taste, which has still not been completely explained. The umami taste is important for discerning proteins in food, and it has numerous contributing stimulants, the most important among them being monosodium glutamate, 5' inosine monophosphate, and 5' guanosine monophosphate. Synergic function between the stimulants can very often result in higher intensity of the complete taste perception. Monosodium glutamate, which is natural compound in many foodstuff, is often added in dietary products as an additive. Although monosodium glutamate as an additive has a positive effect on the taste perception of a product, recently, its negative effects on health are the topic of many researches. Therefore, the aim of this thesis is to clarify former concepts about the umami taste perception and its contributing qualities by reviewing recent scientific literature.

Keywords: umami, monosodium glutamate, 5'-inosine monophosphate, 5'-guanosine monophosphate, taste perception

Thesis contains: 24 pages, 4 figures, 1 tables, 27 references

Original in: Croatian

Final work inprinted and electronic (pdf format) **version is deposited in:** Library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, Kačićeva 23, Zagreb

Mentor: PhD. Ksenija Marković, Associate professor

Thesis delivered: September, 2015

Sadržaj:

1. Uvod 1

2. Teorijski dio 2

2.1. Povijesni pregled umami okusnog doživljaja 2

2.2. Mehanizam prijenosa okusnog podražaja 4

2.2.1. Receptori koji posreduju pri umami okusnom doživljaju 6

2.2.2. Lokalizacija umami okusnih receptora na jeziku 9

2.2.3. Lokalizacija moždane aktivacije umami podražajem 9

2.3. Sastojci koji doprinose umami okusnom doživljaju 11

2.3.1. Glutamat kao stimulans umami okusnog doživljaja 11

2.3.2. Sinergizam između umami stimulansa 12

2.3.3. Razlike između glutamata i ribonukleotida kao stimulansa umami okusnog doživljaja 13

2.4. Percepcija umami okusnog doživljaja 14

2.5. Doprinos umami okusnog doživljaja cjelokupnom doživljaju hrane u ustima 15

2.6. Pozitivni učinci umami okusnog doživljaja 16

2.7. Negativni učinci natrijevog glutamata kao stimulansa umami okusnog doživljaja 17

2.7.1. „ Sindrom kineskog restorana“ 17

2.7.2. Natrijev glutamat i astma 19

2.7.3. Natrijev glutamat i urtikarija 19

2.7.4. Natrijev glutamat i rinitis 20

3. Zaključak 21

4. Literatura : 22

1. UVOD

1. Uvod

Čovjek spoznaje okolinu pomoću osjetila, a jedno od njih je okus. Svrha okusa, između ostalog je: raspoznavanje namirnica, održavanje nutritivne ravnoteže te prepoznavanje i izbjegavanje toksičnih tvari. Mnoge komponente iz hrane mogu izazvati okusni doživljaj kao što je: slatko, slano, kiselo, gorko, umami i metalno.

Svaka okusna kvaliteta je specifična i ima određenu ulogu u karakterizaciji hrane. Unutar okusnih doživljaja; slatko, gorko i umami okusi su najbitniji za prihvatljivost hrane. Prihvatljivim okusima se smatraju slatko i umami. Slatko jer se povezuje s unosom glukoze, koja je osnovni izvor energije, a umami jer ukazuje na proteine u hrani. Gorak okus povezuje se s toksičnim komponentama zbog čega nije poželjan. Preostala dva okusa, kiselo i slano, također imaju evolucijsku važnost. Slani okus ukazuje na prisutnost mineralih tvari i vitamina, dok kiseli okus može ukazivati na pokvarenost hrane ili pak na prisutnost vitamina.

Umami okusni doživljaj je specifičan iz dva razloga. Prvi razlog je jedinstvena kvaliteta okusa koja se definira kao „mesni“, „ugodan“ osjet. Drugi razlog je sinergističko djelovanje umami stimulansa; najčešće natrijeva glutamata (eng. monosodium glutamate; MSG) s 5'-inozin monofosfatom (eng. 5'-inosine monophosphate; IMP) ili 5'-gvanozin monofosfatom (5'-guanosine monophosphate; GMP) što se očituje intenzivnijim osjetnim odgovorom. Iako je umami poželjna okusna kvaliteta, MSG izaziva mnogobrojne kontroverze. MSG se koristi kao pojačivač okusa u prehrambenoj industriji te predstavlja neizostavnu komponentu azijske kuhinje, ali postoje sumnje kako je on „krivac“ za takozvani „sindrom kineskog restorana“ koji je popraćen mnogobrojnim neugodnim simptomima. U konačnici, smatra se kako umami stimulansi mogu pojačati cjelokupni doživljaj hrane u ustima, a time i unos hrane. Stoga će cilj ovog rada biti, pregledom novije znanstvene literature, pojasniti specifičnosti umami okusnog doživljaja.

2. TEORIJSKI DIO

2. Teorijski dio

2.1. Povijesni pregled umami okusnog doživljaja

Kikunae Ikeda, japanski kemičar, je 1908. godine otkrio jedinstveni okus, drugačiji od gorkog, slatkog, slanog i kiselog. Ikeda je nazvao ovaj okus "umami" prema japanskoj riječi „umai“ što znači ukusno (Kinnamon i Vandenbeuch, 2009). Budući da je ovaj okusni doživljaj bio najjasnije izražen u japanskoj juhi 'dashi', Ikeda je analizirao glavne okusne sastojke alge *Laminaria japonica* koja je glavni sastojak navedene juhe, te je identificirao glutaminsku kiselinu kao osnovnu molekulu koja posreduje pri umami okusnom doživljaju (Ghirri i Bignetti, 2012).

Nakon otkrića glutamata kao ključne molekule umami okusnog doživljaja, provedena su druga istraživanja na raznim klasičnim sastojcima japanske kuhinje radi boljeg razumijevanja okusa. Godine 1913., Kodama je istražio sastojke "katsuobushija" i izvijestio da IMP također doprinosi umami okusnom doživljaju. Mnogo godina kasnije, tijekom studija ribonukleotidne proizvodnje kroz biokemijsku razgradnju ribonukleinske kiseline (RNA) kvasca, Kuninaka je identificirao GMP kao još jednu važnu tvar za umami doživljaj. Nedugo zatim, Kuninaka je opisao okusni sinergizam između glutamata i nukleotida. Pokazao je da glutamat u kombinaciji s nukleotidima izaziva intenzivniji, pojačani umami okusni doživljaj (Yamaguchi i Ninomiya, 2000). Iz navedenog se može zaključiti kako konzumacija hrane bogate glutamatom kao što je rajčica, zeleno povrće i riba uz hranu bogatu spomenutim nukleotidima kao što je meso daje specifičan, jači ukupni okusni doživljaj.

Međutim, dotadašnja otkrića nisu bila dovoljna da bi umami okusni doživljaj uvrstila među četiri glavne okusne karakteristike koje predstavljaju slatko, slano, kiselo i gorko. Postoje određeni zahtjevi koji moraju biti ispunjeni kako bi se nešto smatralo okusom:

1) Osnovni okus je karakterističan okus koji se jasno razlikuje od bilo kojeg drugog osnovnog okusa.
2) Osnovni okus nije posljedica miješanja ostalih osnovnih okusnih doživljaja.
3) Osnovni okus je univerzalan okus, induciran tvarima koje su prirodne komponente različite hrane.
4) Osnovni okus treba dokazati elektrofiziološki kako bi bio neovisan od drugih osnovnih okusa (Kurihara i Kashiwayanagi, 2000).

Osim toga, za razliku od japanske kuhinje koja umami stimulanse sadrži u dostatnoj količini, oni su u zapadnoj kuhinji manje izraženi pa je samim time i ideja o novom nepoznatom okusu teže prihvaćena.

U početku su Europljani i Amerikanci smatrali kako umami stimulansi pojačavaju okus poboljšavajući četiri osnovna okusa, iako za to nisu postojali znanstveni dokazi. Yamaguchi je pokazao da MSG nema pojačivački učinak na četiri osnovna okusa u ljudi već da umami predstavlja zaseban okusni doživljaj (Kurihara i Kashiwayanagi, 2000).

U određenom periodu, svojstva umami doživljaja pripisivala su se natrijevom kloridu (NaCl). Smatralo se kako je natrijev klorid, a ne otkriveni umami stimulansi, odgovoran za umami doživljaj. Kumazawa i Kurihara su dokazali značajan sinergizam između MSG-a i nukleotida u živcu *chordie timpani,* a korišteni amilorid (inhibitor NaCl-a) nije utjecao na jačinu podražaja MSG-a i GMP-a. Time je dokazano da natrijevi ioni nisu zaslužni za umami doživljaj.

Ninomiya i Funakoshi otkrili su zasebne živčane jedinice *n. glossopharyngeus* isključivo osjetljive na umami stimulanse u miša, a Baylis i Rolls zasebna vlakna u korteksu majmuna osjetljive na umami podražaj. Nove spoznaje su činile dobru fiziološku osnovu za daljnja istraživanja kojima bi se dokazao, te u konačnici i objasnio umami okusni doživljaj.

Tim znanstvenika sa Sveučilišta u Miamiju, predvođen profesorom N. Chaudharijem i profesorom S. Roperom, 2000. godine objavio je dokaz o postojanju „petog okusa“. Ovaj znanstveni zaključak temeljio se na činjenici da svaki okus ima svoj vlastiti okusni receptor u usnoj šupljini. Otkriće specifičnog umami receptora bila je glavna vijest jer je time rasprava *predstavlja li umami „peti okus“ ili ne* napokon završena (Koetke, 2013).

Iako su dosadašnja otkrića omogućila potpuno drugačiji uvid u osjet okusa, postoje mnogobrojne nejasnoće o umami doživljaju koje bi se u budućnosti daljnjim istraživanjima trebale razjasniti.

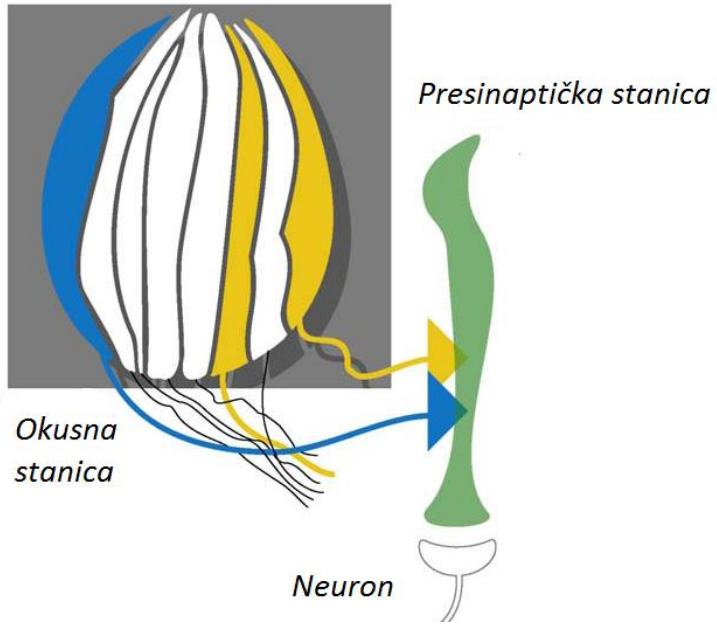
2.2. Mehanizam prijenosa okusnog podražaja

Kako bismo doživjeli osjet okusa bilo slano, slatko, kiselo, gorko ili umami potrebno je izazvati podražaj. Podražaj u ustima nastaje u prisutnosti okusnih stimulansa koji se nalaze u hrani. Stimulans vezanjem za specifični okusni receptor potiče živčani impuls te se on prenosi živčanim vlaknima do centra za okus u mozgu. Informacija se obrađuje te postajemo svjesni okusa hrane. Svaki okusni doživljaj posredovan je specifičnim receptorima na koji se specifično veže određeni stimulans.

Receptori za okus nalaze se na apikalnoj membrani osjetne stanice koje tvore zasebnu cjelinu; okusni pupoljak. Okusni pupoljci se većinom nalaze u sklopu većih struktura, okusnih bradavica, ali se mogu javiti i kao pojedinačni pupoljci na mekom nepcu. Postoji nekoliko vrsta okusnih bradavica duž jezika u čijim se postraničnim stjenkama nalaze okusni pupoljci. Filiformne bradavice su jedine koje ne sadrže okusne pupoljke. One pokrivaju gornji sloj jezika. Između njih, osobito na prednjem dijelu i uz rubove, raspršene su neznatno veće gljivaste bradavice. U paralelnim brazdama na obje strane jezika smještene su lisnate bradavice, a na korjenu jezika nalaze se okružene bradavice raspršene u obliku obrnutog slova „V“.

Okusni pupoljak sadrži oko dvadesetak okusnih stanica te završava okusnom porom. Područje oko pupoljka tvore epitelne stanice koje se vremenom diferenciraju u okusne stanice. Životni vijek okusne stanice je oko tjedan dana. Nove stanice diferenciraju se iz okolnog epitela i migriraju u strukturu okusnog pupoljka .

Okusna stanica sastoji se od receptornog dijela i baze. Receptorni dio sačinjava vrat koji ulazi u okusnu poru i završava gustom mrežom trepetljika, a baza stanice zajedno s drugim stanicama čini osnovicu okusnog pupoljka na koju se nadovezuje razgranato mijelizirano živčano vlakno (Slika 1.) (Lawless i Heymann,1999).

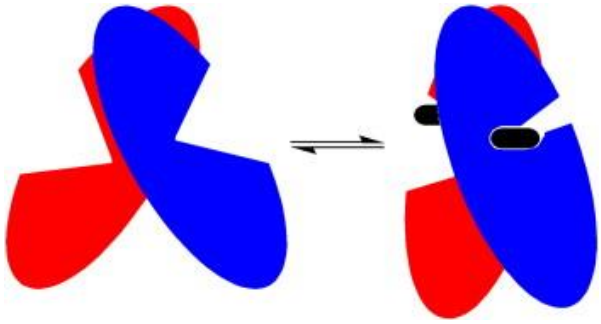


Slika 1. Shematski prikaz puta prijenosa podražaja od okusne stanice, koja je u strukturi okusnog pupoljka, preko presinaptičke stanice do neurona (Temussi, 2009).

2.2.1. Receptori koji posreduju pri umami okusnom doživljaju

Otkriveno je nekoliko receptora u okusnim stanicama koji vežu glutamat i/ili nukleotide, uključujući heterodimer T1R1/T1R3, izoforme metabotropnih receptora mGluR4, mGluR1, mGluR2 i mGluR3 te nekoliko ionotropnih receptora glutamata. Svaki receptor ima određenu ulogu bilo da je okusni receptor koji se nalazi na apikalnoj membrani stanice ili se nalazi na bazolateralnoj membrani pa služi kao receptor u daljnjem prijenosu signala. Problem kod definiranja uloge receptora javlja se zbog dvojake uloge glutamata koji kada je prisutan u usnoj šupljini kao sastavnica hrane ima ulogu stimulansa, a kada se nalazi u sinaptičkim pukotinama može imati ulogu neurotransmitera (Kinnamon, 2009). Dosadašnja istraživanja dokazala su kako postoji nekoliko okusnih receptora na apikalnoj membrani koji posreduju pri umami doživljaju uključujući: T1R1/T1R3, mGluR4 te mGluR1.

T1R1/T1R3 receptor spada u skupinu G proteina prisutnih na apikalnoj membrani okusne stanice. To je heterodimer sastavljen od dvije podjedinice (T1R1 i T1R3) koje mogu imati otvorenu ili zatvorenu konformaciju. U slučaju da su obje podjedinice u otvorenoj konformaciji protein se nalazi u formi mirovanja. Međutim, kada se T1R1 nalazi u zatvorenoj, a T1R3 u otvorenoj konformaciji, protein je u aktivnoj formi. Takva struktura omogućuje vezanje glutamata na aktivna mjesta T1R1 i T1R3 podjedinica (López Cascales i sur., 2010). Struktura je shematski prikazana na Slici 2.

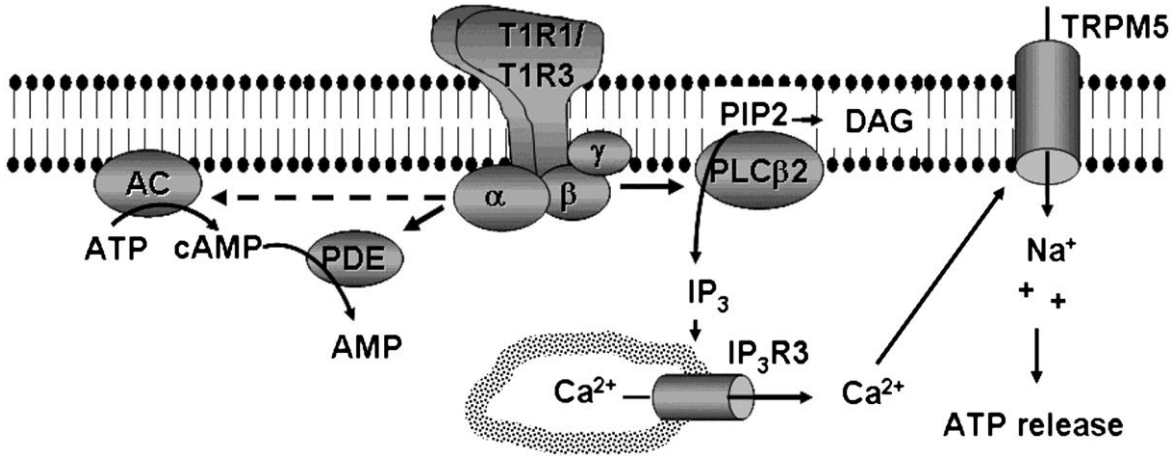


Slika 2. Shematski prikaz; lijevo otvoreno-otvorene/forme u mirovanju te desno otvoreno-zatvorene/aktivne forme T1R1/T1R3 receptora (López Cascales i sur., 2010).

Brojne studije ukazuju da je T1R1/T1R3 heterodimer spojen na G protein koji se sastoji od Gα podjedinice koja modulira razine cAMP-a te Gβγ podjedinice koja aktivira fosfolipazu Cβ2.

Vezanje liganda na T1R1/T1R3 izaziva odvajanje Gβγ podjednice koja potom aktivira fosfolipazu Cβ2 što rezultira proizvodnjom sekundarnih glasnika; inozitol trifosfata i diacilglicerola. Inozitol trifosfat se zatim veže na tip III inozitol trifosfat receptor te dolazi do otpuštanja intracelularnog Ca^{2+}. Otpuštanjem Ca^{2+} altivira se TRM5-a, monovalentnoselektivni kationski kanal za koji se vjeruje kako depolarizira okusnu stanicu stvarajući akcijski potencijal, što vodi k otpuštanju ATP-a (adenozin trifosfata) koji zatim aktivira ionotropne receptore na aferentnim gustatornim živčanim vlaknima.

Gα podjedinica se razlikuje ovisno o okusnom području. Okusni pupoljci na fungiformnim, odnosno gljivastim bradavicama te nepcu na T1R1/T1R3 imaju najvećim dijelom vezan α-gustducin, dok kod okruženih i lisnatih bradavica prevladava Gα koji je još nedovoljno istražen. Gα-gustducin je povezan s Gα-transducinom, koji se također nalazi u sklopu okusnog pupoljka. Oboje aktiviraju enzim fosfodiesterazu, što rezultira smanjenjem koncentraije cAMP-a (ciklički adenozin monofosfat) unutar stanice. Danas još nije točno poznata uloga cAMP-a u prijenosu umami podražaja, ali istraživanja provedena na izoliranim stanicama su pokazala kako membranski analozi cAMP-a sudjeluju u elektrofiziološkom odgovoru na umami stimulanse iz čega se može zaključiti kako cAMP vjerojatno ima bitnu ulogu u signaliziranju umami doživljala (Slika 3.) (Kinnamon, 2009).



Slika 3. Shematski prikaz signalnih efektora i puta prijenosa signala (Kinnamon, 2009).

Metabotropni receptori glutamata (mGluR1-8) ubrajaju se u porodicu GPCR receptora (G protein-vezani receptori) koji se nalaze u mnogim živčanim stanicama (Chaudhari i sur., 2000). Klasificirani su u tri glavne skupine: na osnovu homologije sekvenci, razlike u sustavu sekundarnog prenosioca i razlike u selektivnosti na razne agoniste. MGluR4 spada u treću skupinu mGluR i povezan je s inhibicijom adenilil ciklaze. MGluR1 i mGluR5 pripadaju skupini I i primarno su povezani s povećanjem hidrolize fosfoinozitida (Toyono i sur., 2003).

Do sada je otkriveno kako postoje „krnji" tipovi receptora mGluR4 i mGluR1, takozvani okusni mGluR4 i okusni mGluR1. Istraživanja su pokazala kako postoje razlike između osjetnih i živčanih tipova ovih receptora. Za „krnji" tip mGluR4 dokazano je kako se nalazi u okusnim pupoljcima (Chaudhari i sur., 2000), dok za tip GluR1 dosad nije pronađen dokaz koji bi definirao njihovu veličinu u okusnom tkivu. Međutim, dokazano je da „krnji" tipovi ovog receptora postoje u tkivu želuca (San Gabriel i sur., 2009).

„Krnjom" Receptoru MgluR4, smještenom na jeziku, nedostaje određeni slijed na N-terminalnom kraju proteina koji jednim dijelom obuhvaća glutamat-vezujuću domenu. Zbog toga postoji razlika u afinitetu vezanja glutamata između „krnjeg" i živčanog tipa receptora. „Krnji" receptor ima niži afinitet (Chaudhari i sur., 2000).

Iako nije dokazano prisustvo „krnjeg" mGluR1 receptora u okusnom tkivu, dokazano je kako se mGluR1 koji je široko izražen kroz središnji živčani sustav, a regulira sinaptički prijenos signala, nalazi u strukturi okusnog pupoljka. Ipak, postoji razlika u afinitetu između receptora duž živčanog puta i receptora na okusnim pupoljcima. Dok za aktivaciju živčanih receptora treba koncentracija L-glutamata u $\mu mol \times L^{-1}$, za aktivaciju receptora na okusnim pupoljcima (okusni tip) potrebna je koncentracija L-glutamata $\geq 1 mmol \times L^{-1}$ što je ujedno i koncentracija potrebna za ispoljavanje umami doživljaja (San Gabriel i sur., 2009). To ukazuje da su okusni tipovi ovih receptora (mGluR4 i mGluR1) moguće okusni receptori.

2.2.2. Lokalizacija umami okusnih receptora na jeziku

Ekspresija T1R1 prevladava u fungiformnim, odnosno gljivastim okusnim bradavicama na prednjem dijelu jezika koji je inerviran putem *n. facialis.* Rijetko se javljaju u okruženim bradavicama na stražnjem dijelu jezika. Nasuprot T1R1, T1R3 podjedinica je rasprostranjena u okusnim pupoljcima po cijelom jeziku. Iznimno je bitno da ovi okusni receptori budu što rasprostranjeniji jer oni predstavljaju osnovu detekcije i perpcepcije umami doživljaja. Ostali receptori su: živčani tipovi metabotropnih glutamatnih receptora (mGluR1 i mGluR4) i okusna varijanta mGluR1 i mGluR4. Živčani mGluR1 i GluR4 izraženi su u okusnim stanicama, smještenim u gljivastim, lisnatim i okruženim bradavicama s obje prednje i stražnje strane jezika u štakora. Okusni mGluR1, kao i okusni GluR4, izraženi su kod okruženih i lisnatih bradavica na stražnjem dijelu jezika te su inervirani putem *n. glossopharyngeus* (Yasumatsu i sur., 2009).

2.2.3. Lokalizacija moždane aktivacije umami podražajem

Do sada nije dokazano da bilo koji okusni podražaj ima definiran zaseban podražajni put od usne šupljine pa do mozga. Uzroci su različiti. Centar za okus u kori velikog mozga, *cortex insularis*, nije aktiviran isključivo okusnim stimulansima već ga aktiviraju i drugi stimulansi; miris, tekstura i temperatura (Nakamura i sur., 2011).

Umami doživljaj je kompleksan i slabije istražen od drugih osnovnih okusnih doživljaja. Teže ga je percipirati kao cjelinu jer ga se nikad ne doživljava kao zasebno svojstvo. Osim toga, umami doživljaj nije specifično definiran samo za podražaj iz usne šupljine već može nastati tijekom procesa digestije, apsorpcije i metabolizma. Treba uzeti u obzir da postoje razlike u putu prijenosa podražaja, ali i u anatomskom rasporedu sustava među vrstama, stoga rezultati istraživanja na životinjama nisu uvijek primjenjivi na čovjeka. Uzimajući to u obzir, znanstvenici su proveli istraživanja na ljudima.

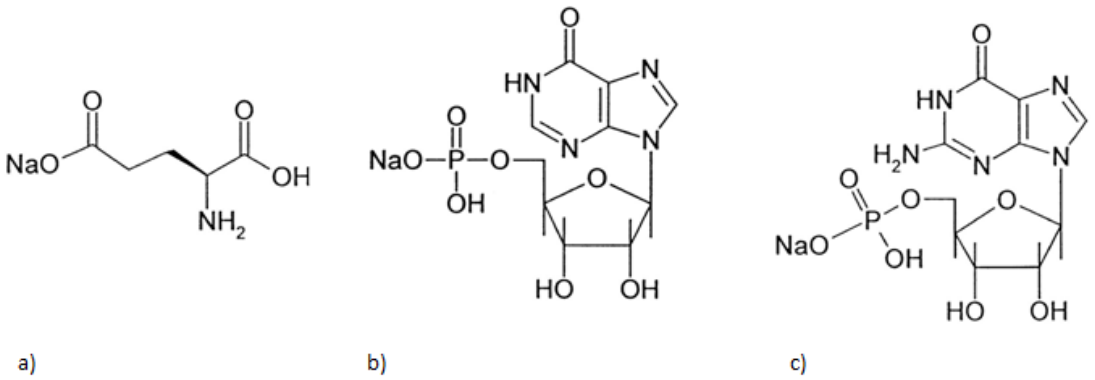
Kako se istraživanja na pojedinačnom živcu ne mogu provoditi na čovjeku, najbolja metoda za prikaz aktivacije određenog dijela mozga provodi se pomoću funkcionalne magnetske rezonance (fMRI). Funkcionalna magnetska rezonanca je tehnika za mjerenje aktivnosti mozga koja živčanu aktivnost mjeri obzirom na promjene oksidacije u krvi i njezinog protoka (Devlin, 2015). Provedeno je nekoliko istraživanja koja su pokazala različite rezultate. Pomoću fMRI-a pokazano je kako umami stimulansi aktiviraju prednji i srednji dio

cortex insularis. Kod istraživanja koja su provedena na životinjama kako bi se istražila moždana aktivnost nakon umami podražaja, također je zamijećena aktivnost prednjeg i srednjeg dijela *cortex insularis*. Ipak, primjećeno je kako se taj dio mozga također aktivira pomoću temperature, određenog udjela masti i viskoznosti stimulansa. Stoga, kako bi snimljeni odgovor mozga bio isključivo izazvan umami stimulansom, potrebno je reducirati pokrete glave, uzorak ne gutati te paziti na temperaturu odnosno umanjiti utjecaj drugih stimulansa. Tijekom jedne od studija na ljudima, kojom se ispitivao put prijenosa signala od jezika do mozga isključivo izazvanog umami stimulansima, aktiviran je srednji dio *cortex insularis* u mozgu (Nakamura i sur., 2011).

Kod ostalih okusnih doživljaja pokazalo se kako slatko aktivira jednako kortikalno područje kao i umami (de Araujo i sur., 2003), a pikovi dobiveni umami stimulansom slični su pikovima slanog stimulansa (Nakamura i sur., 2011).

2.3. Sastojci koji doprinose umami okusnom doživljaju

Umami doživljaj potaknut je prisustvom određenih stimulansa u hrani. Prvi stimulans koji se navodi kada se govori o umami okusnom doživljaju je natrijev glutamat (MSG), molekula čijom je ekstrakcijom potaknuta ideja o „petom okusu“. Osim glutamata umami doživljaj mogu izazvati i druge aminokiseline kao L-aspartat te ribonukleotidi; IMP i GMP.



Slika 4. Pojedini stimulansi umami okusnog doživljaja: a) MSG b) IMP c) GMP (Löliger, 2000)

2.3.1. Glutamat kao stimulans umami okusnog doživljaja

Vezanje glutamata na umami receptore u usnoj šupljini moguće je tek kada se nalazi u slobodnom obliku i L-konfiguraciji. Prelazak glutamata u slobodni oblik moguće je tijekom hidrolize u procesu fermentacije, tijekom skladištenja te postupaka obrade kao što je guljenje i kuhanje. Njegova prisutnost je ključna za okus sira, morskih plodova, mesa, gljiva i dr. (Jinap i Hajeb, 2010).

Iako se glutamat prirodno nalazi u mnogim namirnicama, često se dodaje u prehrambene proizvode kao aditiv, odnosno pojačivač okusa. Dodani glutamat ima slična senzorska svojstva kao kad je prirodno prisutan u namirnici. Zbog toga se koristi kao pojačivač okusa mesa, piletine, morskih plodova, grickalica, juha i dr.

Glutamat kao pojačivač okusa u prehrambene proizvode može biti dodan u slobodnom obliku (E620) ili u obliku soli natrija (E621), kalija (E622), kalcija (E621), magnezija (E625) te u obliku amonijevih soli (E624).

Ipak, kod dodavanja glutamata u prehrambene proizvode potrebno je uzeti u obzir količinu i vrstu hrane. Za svaku namirnicu postoji optimalna koncentracija glutamata koju je potrebno dodati jer uporaba prevelike količine glutamata može izazvati negativna svojstva okusa. Kod nekih namirnica dodani glutamat bez obzira na količinu neće pojačati okus, što je slučaj kod prehrambenih proizvoda pretežno slatkog ili gorkog okusa. Općenito, glutamat djeluje u slučaju slane i kisele hrane. U obzir također treba uzeti i mogućnosti razlike u percepciji umami doživljaja. Dok u azijskim zemljama ljudi još od djetinjstva uče prepoznati umami okusni doživljaj, u europskoj populaciji ljudi su tek nedavno naučili razlikovati umami od ostalih okusnih doživljaja iako je on karakterističan za neka tradicionalna jela Europe (Bellisle, 2008). Stoga je i količina potrebnog glutamata kako bi se mogao prepoznati okusni doživljaj viša u tim područjima.

2.3.2. Sinergizam između umami stimulansa

Sinergizam između komponenti predstavlja specifičnu karakteristiku umami doživljaja. Umami stimulansi IMP i GMP vezanjem za receptore pojačavaju intenzitet umami doživljaja. Proučavanjem strukture receptora objašnjen je molekularni mehanizam sinergističkog djelovanja.

Između okusnih kvaliteta, tri su (slatko, umami i gorko) posredovane GPCR receptorima. Po strukturi su najsličniji receptori za slatko (T1R2/T1R3) i umami (T1R1/T1R3). Iako receptori posjeduju istu T1R3 podjedinicu, oni prepoznaju različite kemijske stimulanse. Razlika u prepoznavanju uvjetovana je T1R2 i T1R1 podjedinicama. Obje podjedinice posjeduju N-terminalnu VFT domenu u čijem sastavu se nalaze aktivna mjesta za vezanje specifičnih stimulansa. T1R1 podjedinica sadrži aktivna mjesta za vezanje stimulansa za slatko dok T1R2 podjedinica sadrži aktivna mjesta za umami stimulanse. Dakle, T1R1 i T1R2 podjedinice razlikuju receptore za slatko i umami vezujući različite kemijske stimulanse (Zhang i sur., 2008).

VFT domena nalazi se na T1R1 ekstracelularnom kraju te može biti ili u otvorenoj ili u zatvorenoj formi. U slučaju zatvorene forme, afinitet za vezanje glutamata na aktivno mjesto je viši te je stoga intenzitet umami doživljaja jači. Predloženi mehanizam nastanka zatvorene forme objašnjen je u dva koraka. Prvi korak predstavlja vezanje glutamata za aktivno mjesto čime se smanjuje entropijska barijera za formiranje zatvorene forme. U drugom koraku mijenja se konformacija u zatvorenu formu čime je olakšano vezanje glutamata. Da bi se

zatvorena forma održala, potrebno ju je stabilizirati. Za stabilizaciju bitnu ulogu ima prisutnost IMP-a. On je modulator pozitivne alosterije. Fosfatnom skupinom veže se na pozitivne aminokiseline u blizini glutamata stabilizirajući tako zatvorenu konformaciju te na taj način utječe na afinitet vezanja glutamata. Jednako djelovanje ima i GMP (Zhang i sur., 2008).

U konačnici, ribonukleotidi svojim prisustvom utječu na afinitet umami receptora za glutamat na način da ga povećavaju, čime umami doživljaj postaje intenzivniji.

2.3.3. Razlike između glutamata i ribonukleotida kao stimulansa umami okusnog doživljaja

Najčešće se kao prirodni sastojci hrane pojavljuju i glutamat i ribonukleotidi pa je svojstvo sinergizma učestala pojava. Ipak, valja istaknuti da ribonukleotidi, osim što pojačavaju umami doživljaj također i izazivaju umami doživljaj. Bitno je naglasiti kako postoje karakteristična svojstva umami doživljaja izazvana ribonukleotidima koja se razlikuju od umami doživljaja izazvanih glutamatom.

Istraživanja su pokazala kako većina umami receptora može biti aktivirana i MSG-om i GMP-om, ali postoji skupina receptora koja reagira isključivo ili na MSG ili GMP pa se razlika u umami doživljaju može objasniti kao posljedica aktivacije različitih umami receptora. Čini se vjerojatnim kako ribonukleotidi i glutamat mogu aktivirati isti set receptora, ali je također vjerojatno kako zasebno aktiviraju različite receptore. Koji su to receptori nije poznato.

Što se tiče razlike između ribonukleotida, ona nije zamijećena. Testom diskriminacije uspoređeni umami doživljaji izazvani IMP-om i GMP-om pokazali su gotovo jednake senzorske karakteristike. Vjerojatno je da oba ribonukleotida aktiviraju istu skupinu receptora (Wifall i sur., 2007).

2.4. Percepcija umami okusnog doživljaja

Umami stimulansi (glutamat i nukleotidi) prirodno su prisutni u hrani i igraju važnu ulogu u njezinom „*flavor-u*“[1],odnosno cjelokupnom doživljaju u ustima te prihvatljivosti. Glutaminska kiselina je glavni sastojak proteina u prehrambenim proizvodima biljnog i životinjskog podrijetla. Prisutna je u većini namirnica poput mesa, peradi, plodova mora i povrća. Uz glutamat, sol glutaminske kiseline, umami okusnom doživljaju doprinose dva ribonukleotida također prisutna u mnogim namirnicama; IMP i GMP. Dok se IMP primarno nalazi u mesu, GMP prevladava u biljkama. Već u najranijoj dobi izloženi smo umami stimulansima. Poznato je da majčino mlijeko sadrži visoku koncentraciju glutaminske kiseline. Od 20 slobodnih aminokiselina, u majčinom mlijeku najzastupljenija je glutaminska kiselina koja čini 50% od ukupnih aminokiselina (Yamaguchi i Ninomiya, 2000). Iako smo od malih nogu izloženi umami stimulansima njihov doživljaj često je teško percipirati i opisati. U azijskoj kulturi taj okusni doživljaj je definiran pojmom „umami“, za što u engleskom rječniku ne postoji sinonim. Kada je japanskim ispitanicima, koji poznaju umami okusni doživljaj predloženo da izraze promjenu u okusu izazvanu dodatkom MSG-a, a da pri tome ne koriste termin „umami“, najčešće korišteni izrazi bili su „kontinuitet“, „punoća usta“, „blagost“ i „gustoća“ (Yamaguchi i Ninomiya, 2000). Najčešći izrazi kojima se opisuje umami okusni doživljaj su: „ukusan“ i „mesnati“.

Potrebno je naglasiti kako je sam umami doživljaj teško percipirati i zbog činjenice da umami stimulansi u hrani ne dolaze nikad zasebno već su jedne od mnogobrojnih komponenti hrane i kao takve daju bitan doprinos „*flavor-u“,* odnosno cjelokupnom doživljaju hrane u ustima. Kada su umami stimulansi u obliku vodene otopine ponuđeni ocjenjivačima, za razliku od slatkog i slanog, ukupan doživljaj je negativno okarakterizan od strane panelista. Međutim, kada je prirodno prisutan u hrani ili se dodaje u definiranoj količini, umami stimulans može pojačati okus te utječe na preferenciju i ukupnu ocjenu od strane panelista (Fuke i Ueda, 1996).

[1] “*flavour*” - kompleksna kombinacija olfaktornih, okusnih i trigeminalnih osjeta doživljena tijekom kušanja (ISO, 2008) .

2.5. Doprinos umami okusnog doživljaja cjelokupnom doživljaju hrane u ustima

Ukupan okus hrane definiran je svim komponentama koje se nalaze u sastavu namirnice bilo da su to stimulansi za slatko, slano, kiselo, gorko ili umami. Jedan od načina kako odrediti ulogu svakog pojedninačnog stimulansa u hrani su senzorski testovi razlike. Najčešće se koriste duo-trio ili *triangle* test. Potrebno je pripremiti uzorak koji će po svom sastavu biti sličan sastavu ispitivane namirnice pri čemu se koriste sintetički ekstrakti hrane s dodanim kemijskim tvarima. Iz uzorka se izuzima po jedna komponenta, a panelisti moraju pokušati prepoznati i procijeniti razliku u ukupnom „*flavor-u"* između uzoraka. Uloga pojedinačnog stimulansa određuje se s obzirom na procjenjenu razliku u „*flavor-u*." Takvo jedno istraživanje provedeno je kako bi se procijenila uloga umami doživljaja u cjelokupnom doživljaju hrane u ustima. Rezultati su pokazali da uzorci u kojima je izdvojen glutamat nisu samo bili lišeni umami okusnog doživljaja već je smanjen intenzitet slatkog okusnog doživljaja.

Isto tako, pokazalo se kako umami doživljaj utječe i na intenzitet doživljaja slanog okusa. Zamjećeno je kako intenzitet slanog okusnog doživljaja može ostati jednak ako se pravilno mijenja omjer NaCl-a i glutamata, što znači da bez obzira na smanjenje NaCl-a, ako se pravilno doda glutamat može se postići maksimalni hedonistički odgovor. Navedeno upućuje na zaključak kako postoji senzorska interakcija između slanog i umami okusnog doživljaja. (Fuke i Ueda, 1996) .

2.6. Pozitivni učinci umami okusnog doživljaja

Kada bi hrana bila bezukusna, konzumacija hrane ne bi predstavljala zadovoljstvo. To je između ostalog, jedan od razloga zašto su okusni stimulansi bitna komponenta sastava hrane. Stimulansi za slatko i slano tako pojačavaju prihvatljivost namirnice, a isto svojstvo zamjećeno je u prisutnosti umami stimulansa. To svojstvo može biti korisno i u nutritivnom smislu jer bi moglo potaknuti konzumaciju hrane koja je nutritivno bogata, ali okusno manje prihvatljiva. Pojačani utjecaj na konzumaciju bio bi koristan kod osoba s nedovoljnim unosom hrane što je čest slučaj u starijih osoba. Provedeno je istraživanje koje je uključivalo stariju populaciju kako bi se ispitao utjecaj dodatka MSG-a na odabir hrane. Pokazalo se kako MSG utječe na odabir namirnice, ali ne i na ukupni unos jer je povećana konzumacija namirnica obogaćena MSG-om rezultirala smanjenim naknadnim unosom (Bellisle, 2008).

Slično istraživanje provedeno je na osobama s povećanim rizikom od pretilosti. Osobe s dijabetesom tipa II često imaju prekomjernu tjelesnu masu. Kod njih je iznimno bitan odgovarajući unos i vrsta namirnica koje konzumiraju. Rezultati su pokazali kako u slučaju ispitivane skupine odabir naimirnica ovisi o dodanom MSG-u, a da se pri tome ne utječe na ukupan energetski unos. Oba istraživanja ukazuju na moguću primjenu MSG-a u svrhu usmjeravanja odabira hrane ka boljim izborima (Bellisle, 2008).

Navedeni podaci ukazuju kako umami stimulansi imaju jači utjecaj na odabir hrane od stimulansa za slatko i slano. Međutim, to je ipak potrebno dodatno istražiti obzirom da neka istraživanja donose drugačije rezultate. U istraživanju gdje je ispitanicima ponuđena veća mogućnost odabira namirnica s tim da je količina namirnice ostavljena na volju pojednicu, dobiven je drugačiji rezultat. Iako su neke od namirnica obogaćene MSG-om bile preferirane to ipak nije spriječilo ispitanike u konzumaciji namirnica s drugim izraženim okusnim svojstvima (Bellisle, 2008).

MSG može utjecati na pojačani unos određene hrane, ali neće utjecati na smanjenje odabira hrane koja je okusno preferirana.

Današnja prehrana obiluje natrijem što predstavlja jedan od rizika pojave povišenog krvnog tlaka, odnosno hipertenzije. Dodatak MSG-a pokazao se korisnim u rješavanju tog problema. Naime, kada se smanjuje količina natrija u hrani, hrana postaje manje poželjna. Ipak, rješenje u tom slučaju može biti dodatak MSG-a. Kod namirnica sa nižom koncentracijom natrija, uz pravilan dodatak određene količine MSG-a ne smanjuje se okusni

intenzitet. Hrana ostaje jednakog okusa, ali je unos natrija smanjen što u konačnici omogućuje poželjnu korekciju u dnevnom unosu natrija (Bellisle, 2008).

2.7. Negativni učinci natrijevog glutamata kao stimulansa umami okusnog doživljaja

2.7.1. „Sindrom kineskog restorana“

Iako MSG kao pojačivač okusa utječe pozitivno na okusna svojstva pojedinih prehrambenih proizvoda, u posljednje vrijeme spominju se i njegovi navodni negativni zdravstveni učinci. MSG se često povezuje s nizom simptoma poznatim pod nazivom „sindrom kineskog restorana“. Neki od simptoma uključuju: "peckanje" na stražnjem dijelu vrata, podlaktice i grudi, pritisak ili stezanje lica, trnce na licu, gornjem dijelu leđa, vratu i rukama, bol u prsima, glavobolju i povraćanje. Simptomi se najčešće javljaju 25 minuta nakon konzumacije MSG-a ili hrane s dodanim MSG-om, a traju oko 2 sata (Taliaferro, 1995).

Godine 1995. FASEB (the Federation of American Societies for Experimental Biology) je objavio izvješće kojim su sumirane analize vezane uz sigurnost natrijeva glutamata te je sastavljen popis simptoma koji karakteriziraju sindrom (Tablica 1) (Williams i Woessner, 2009).

Tablica 1: Simptomi „sindroma kineskog restorana“ (Williams i Woessner, 2009)

Simptomi "sindroma kineskog restorana"
peckanje u leđima, vratu, podlakticama i prsima
pritisak/stezanje lica
bol u prsima
glavobolja
mučnina
palpitacija
ukočenost u leđima i vratu
trnci, toplina i slabost u licu, gornjem dijelu leđa, vratu i rukama
bronhospazam (promatrano samo kod asmatičara)
mamurluk
slabost

Prvim istraživanjima utvrđeno je kako postoji veza između unosa MSG-a i pojave simptoma. Međutim, istraživanja su se pokazala nepreciznima zbog čega je valjanost rezultata dovedena u pitanje. Neka od istraživanja koristila su kao placebo uzorak natrijev klorid za koji se smatra kako nedovoljno maskira umami okusni doživljaj u odnosu na pravi placebo. Također, isti pojedinci sudjelovali su u više eksperimenata. Ti pojedinci, uvježbani su za prepoznavanje okusnog doživljaja koji izaziva glutamat, što može imati negativan učinak ako se okus poistovjeti s ispitivanim simptomima. Tijekom mnogih istraživanja ispitanici su bili osobe koje su prijavile simptome ili im je prije rečeno što je bila svrha istraživanja te koji su mogući simptomi. Iako je, ovakav pristup etički prihvatljiv, može biti uzrok pogreške. Dokazano je kako je vjerojatnost prijave simptoma deset puta viša kod pojedinaca koji su upoznati sa simptomima u odnosu na opću populaciju (Taliaferro, 1995).

Novija klinička istraživanja ukazuju na slijedeće :

1. Pojava simptoma je subjektivna i javlja se pri visokim dozama.
2. Pri nižim dozama rezultati su kontradiktorni.
3. Nikakve promjene u općim simptomima nisu dodatno zamijećene (Taliaferro, 1995).

Obzirom na navedeno, istraživanja su pokazala kako tek za mali broj ljudi postoji rizik od pojave simptoma „sindroma kineskog restorana“ u slučaju kada se konzumiraju visoke doze MSG-a na prazan želudac bez popratnog sadržaja. Pojava simptoma pokazala se vrlo rijetkom čak i kod osoba koje su osjetljive na MSG. Nadalje, trenutni dokazi ne upućuju na postojanje trajnih i ozbiljnih posljedica (Williams i Woessner, 2009). Uz to, postoje nedoumice koje nisu riješene istraživanjima; nije dokazana uzročno-posljedična veza, ne postoji definiran fiziološki mehanizam djelovanja te nije objašnjen razlog zašto prirodni glutamat ne izaziva simptome. Stoga, bez daljnjih istraživanja, nije moguće donijeti konačan zaključak.

Utjecaj MSG-a istražen je i na životinjama. Istraživanja na glodavcima ukazala su na povezanost između MSG-a i pojave lezija mozga. Međutim, lezije su zamijećene pri ekstremnim uvjetima, pri visokim dozama te oblicima primjene koji se ne primjenjuju u slučajevima kada se glutamat koristi kao aditiv (Taliaferro, 1995). Naime, razina glutamata u plazmi ovisi o načinu unosa. Najviša razina glutamata u plazmi postiže se subkutanim unosom, dok unos u obliku hrane rezultira nižom razinom. Također je zamijećeno kako se jednaka doza glutamata slabije apsorbira i sporije metabolizira u čovjeka nego kod glodavaca.

Kako onda objasniti pojavu „sindroma kineskog restorana“? Znanstvenici su predložili nekoliko mehanizama. Obzirom da je utvrđeno kako simptomi nisu posljedica alergijske reakcije (iako su simptomi slični alergijskoj reakciji tipa I, razina Ig-E protutijela ne raste), predloženi su nealergijski mehanizmi kao uzroci sindroma; mogući vitaminski nedostatak, stezanje krvnih žila, želučani refluks, neravnoteža acetilkolina te histaminska toksičnost. Mehanizmi su proučavani tijekom znanstvenih istraživanja. Istražena je suplementacija vitaminom B6 što je rezultiralo smanjenom pojavom sindroma. Proučavane su razine histamina unesene pri pojavi simptoma uz pretpostavku da je sindrom uzrokovan trovanjem histaminom što se pokazalo netočnim obzirom da razine histamina u ispitivanim namirnicama nisu dosezale razinu toksičnosti. Istražena je sličnost simptoma „sindroma kineskog restorana“ i simptoma nastalih nakon subkutanog unosa acetilkolina. U nedostatku dokaza koji potvrđuju bilo koji od mehanizama, točan uzrok i dalje nije poznat (Taliaferro, 1995).

2.7.2. Natrijev glutamat i astma

Osim „sindroma kineskog restorana“ MSG je također smatran uzročnikom asmatičnih napada. Provedeno je nekoliko istraživanja na ovu temu, od kojih većina nije dokazala kako je MSG okidač za alergijsku reakciju. Nekoliko istraživanja koja su uspjela dokazati pojavu malog broja asmatičnih napada, imala su značajne nedostatke vezane uz princip provođenja metode koje su u konačnici utjecale na valjanost rezultata (Williams i Woessner, 2009).

2.7.3. Natrijev glutamat i urtikarija

Urtikarija je česta posljedica alergijske reakcije koja se javlja kao izolirani incident ili kao ponavljajući problem. Može se, uz svrbež, pojaviti na bilo kojem dijelu tijela, a uzrok pojave mogu biti različiti čimbenici. Trajanje osipa varira od nekoliko minuta do mjesec dana (Williams i Sharma, 2015). Kako se MSG počeo povezivati s pojavom astme, znanstvenici su počeli istraživati i vezu između glutamata i urtikarije. Postoje istraživanja koja su dokazala kako konzumacija MSG –a u rijetkim slučajevima može biti uzrok urtikarije međutim treba uzeti u obzir kako su takvi rezultati dobiveni na malom broju uzoraka, uz neadekvatnu slijepu probu (Williams i Woessner, 2009).

2.7.4. Natrijev glutamat i rinitis

Alergijski rinitis klinički je definiran kao simptomski poremećaj sluznice nosa nastao nakon izlaganja alergenu IgE-posredovanom upalom. Simptomi alergijskog rinitisa uključuju curenje i svrbež nosa, nazalnu opstrukciju te kihanje (Bousquet i sur., 2008). U ovom slučaju prikupljeni podaci potvrđuju vezu između unosa MSG-a i pojave rinitisa, ali kako bi se donio konačan zaključak, potrebna su daljnja istraživanja (Williams i Woessner, 2009).

U konačnici, MSG se povezuje s mnogobrojnim zdrastvenim problemima, od „sindroma kineskog restorana“, alergijskih reakcija do pojave pretilosti i dijabetesa. Ipak, znanstveni dokazi koji bi išli u prilog bilo kojem od navedenih zdrastvenih problema ili su nedorečeni ili su opovrgnuti te se stoga MSG i dalje koristi kao aditiv.

Obzirom da je MSG jedan od najčečće istraživanih dodataka za kojeg je utvrđeno kako je siguran, JECFA (the Joint Expert Committee on Food Additives of the United Nations Food and Agriculture Organization and World Health Organization) ga ubraja u kategoriju najsigurnijih prehrambenih aditiva. SCF (Scientific Committee for Food) također potvrđuje njegovu sigurnost. Na temelju opsežnih znanstvenih podataka, Zajedničko Stručno povjerenstvo o prehrambenim aditivima Ujedinjenih naroda za hranu i poljoprivredu i Svjetska Zdravstvena organizacija ustvrdili su kako nije potrebno definirati prihvatljivi dnevni unos (eng. Acceptable daily intake; ADI) (Jinap i Hajeb, 2009).

3. ZAKLJUČAK

3. Zaključak

Kikunae Ikeda, japanski kemičar, 1908. godine otkrio je jedinstveni okusni doživljaj, drugačiji od gorkog, slatkog, slanog i kiselog. Prozvao ga je "umami" prema japanskoj riječi „umai“ što znači ukusno. Umami doživljaj je kompleksan, slabije istražen od drugih osnovnih okusnih doživljaja te ga je teže percipirati kao cjelinu jer se nikad ne doživljava kao zasebno svojstvo. Ipak, umami okusni doživljaj se najčešće opisuje kao „ukusan“ i „mesnati“.

Nakon otkrića glutamata, ključne molekule koja doprinosi umami okusnom doživljaju, otkriveni su i drugi umami stimulansi; IMP i GMP. Također je opisan okusni sinergizam između glutamata i nukleotida što predstavlja specifičnu karakteristiku umami doživljaja. Pokazalo se kako glutamat u kombinaciji s nukleotidima izaziva intenzivniji, pojačani umami okusni doživljaj.

Prekretnica u istraživanjima umami okusnog doživljaja je otkriće umami receptora. Otkriveno je nekoliko receptora u okusnim stanicama koji vežu glutamat i/ili nukleotide, uključujući heterodimer T1R1/T1R3, izoforme metabotropnih receptora mGluR4, mGluR1, mGluR2 i mGluR3 te nekoliko ionotropnih receptora glutamata. Svaki receptor ima određenu ulogu bilo da je okusni receptor koji se nalazi na apikalnoj membrani stanice ili se nalazi na bazolateralnoj membrani pa služi kao receptor u daljnjem prijenosu signala. Problem kod definiranja uloge receptora javlja se zbog dvojake uloge glutamata koji kada je prisutan u usnoj šupljini kao sastavnica hrane ima ulogu stimulansa, a kada se nalazi u sinaptičkim pukotinama može imati ulogu neurotransmitera.

Glutamat je prirodan sastojak mnogih prehrambenih namirnica no često se dodaje kao aditiv u prehrambene proizvode jer djeluje kao pojačivač okusa. Dodani glutamat ima slična senzorska svojstva kao kad je prirodno prisutan u namirnici. Iako glutamat kao pojačivač okusa utječe pozitivno na okusna svojstva pojedinih prehrambenih proizvoda, u posljednje vrijeme spominju se i njegovi navodni negativni zdravstveni učinci. Natrijev glutamat se često povezuje s nizom simptoma poznatim pod nazivom „sindrom kineskog restorana“, astmom, urtikarijom i rinitisom, međutim znanstveni dokazi koji bi to potvrdili ili su nedorečeni ili su opovrgnuti. Također, obzirom da doze više od prosječnog dnevnog unosa nisu pokazale štetan utjecaj, ne postoji definirana maksimalna granica za unos natrijevog glutamata. Uzimajući navedeno u obzir, može se zaključiti kako je primjena natrijevog glutamata u prehrambenoj industriji opravdana.

4. Literatura:

- Bellisle, F. (2008) Experimental studies of food choices and palatability responses in European subjects exposed to the umami taste. *Asia Pac. J. Clin. Nutr.* **17(1)**, S 376–379.
- Bousquet, J., Khaltaev, N., Cruz, A.A., Denburg, J., Fokkens, W.J., Togias, A., Zuberbier, T., Baena-Cagnani, C.E., Canonica, G.W., Van Weel, C., Agache, I., Aït-Khaled, N., Bachert, C., Blaiss, M.S., Bonini, S., Boulet, L.P., Bousquet, P.J., Camargos, P., Carlsen, K. H., Chen, Y., Custovic, A., Dahl, R., Demoly, P., Douagui, H., Durham, S. R., Gerth Van Wijk, R., Kalayci, O., Kaliner, M. A., Kim, Y.-Y., Kowalski, M.L., Kuna, P., Le, L.T.T., Lemiere, C., Li, J., Lockey, R.F., Mavale-Manuel, S., Meltzer, E.O., Mohammad, Y., Mullol, J., Naclerio, R., O'Hehir, R.E., Ohta, K., Ouedraogo, S., Palkonen, S., Papadopoulos, N., Passalacqua, G., Pawankar, R., Popov, T.A., Rabe, K.F., Rosado-Pinto, J., Scadding, G.K., Simons, F.E.R., Toskala, E., Valovirta, E., Van Cauwenberge, P. Wang, D.Y., Wickman, M., Yawn, B.P., Yorgancioglu, A., Yusuf, O.M,. Zar H. (2008) Allergic Rhinitis and its Imapct on Astma . *Allergy* **63,** 8-160.
- Chaudhari, N., Landin, A.M., Roper, S.D. (2000) A metabotropic glutamate receptor variant functions as a taste receptor. *Nat. Neurosci.* **3(2)**, 113.
- de Araujo, I.T., Kringelbach, M.L., Rolls, E.T., Hobden, P. (2003) Representation of umami taste in the human brain. *J. Neurophysiol*. **90(1)**, 313-319.
- Fuke, S., Ueda, Y. (1996) Interactions between umami and other flavor characteristics. *Trends Food Sci. Tech.* **7(12)**, 407-411.
- Ghirri, A., Bignetti, E. (2012) Occurrence and role of umami molecules in foods. *Int. J. Food Sci. Nutr*. **63(12)** 871-881.
- ISO 5492:2008 (E/F/R), Sensory analysis – Vocabulary., HRN EN ISO 5492:2010, Senzorske analize – Rječnik
- Jinap, S., Hajeb, P. (2010) Glutamate. Its applications in food and contribution to health. *Appetite*. **55(1)**, 1-10.
- Kinnamon, S.C., Vandenbeuch, A. (2009) Receptors and Transduction of Umami Taste Stimuli. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* **1170**, 55-59.
- Kinnamon, S (2009) Umami taste transduction mechanisms. *Am. J. Clin. Nutr*. **90**, 753S-755.

- Koetke C. (2013) Umami: facts and fiction. *Prepared Foods*, **182**, 81-84.
- Kurihara, K., Kashiwayanagi, M. (2000) Physiological studies on umami taste. *J. Nutr*. **130(4)**, 931S-934S.
- Lawless, H.T., Heymann, H. (1999) Sensory evaluation of food: principles and practices, Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg, SAD.
- López Cascales, J., Oliveira Costa, S., de Groot, B.L., Walters, D.E. (2010) Binding of glutamate to the umami receptor. *Biophys. Chem.* **152(1-3)**, 139-144
- Löliger, J. (2000) Function and Importance of Glutamate for Savory Foods. *J. Nutr.* **130(4)**, 915S-920S.
- Nakamura, Y., Goto, T.K., Tokumori, K., Yoshiura, T., Kobayashi, K., Honda, H., Ninomiya, Y. (2011) Localization of brain activation by umami taste in humans. *Brain Res***. 1406**, 18-29.
- NDCN (2015) Medical Sciences Division. NDCN-Nuffield Department of Clinical Neurosciences, <http://www.ndcn.ox.ac.uk/divisions/fmrib/what-is-fmri/introduction-to-fmri>. Pristupljeno 29. lipnja 2015.
- San Gabriel, A., Maekawa, T., Uneyama, H., Torii, K. (2009) Metabotropic glutamate receptor type 1 in taste tissue. *Am. J. Clin. Nutr*. **90(3)**, 743S-746.
- Taliaferro, P.J. (1995) Monosodium glutamate and the Chinese Restaurant Syndrome: A review of food additive safety. *J. Environ. Health*, **57(10)**, 8.
- Temussi, P. A. (2009) Sweet, bitter and umami receptors: a complex relationship. *Trends Food Sci. Tech.* **34,** 296-302
- Toyono, T., Seta, Y., Kataoka, S., Kawano, S., Shigemoto, R., Toyoshima, K. (2003) Expression of metabotropic glutamate receptor group I in rat gustatory papillae. *Cell Tissue Res.* **313(1)**, 29-35.
- Wifall, T.C., Faes, T.M., Taylor-Burds, C.C., Mitzelfelt, J.D., Delay, E.R. (2007) An analysis of 5′-inosine and 5′-guanosine monophosphate taste in rats. *Chem. Senses*. **32(2)**, 161-172.
- Williams A. N., Woessner K. M. (2009) Monosodium glutamate 'allergy': menace or myth? *Clin. Exp. Allergy*, **39**, 640–646.
- Williams W.K., Sharma P.S. (2015) Anaphylaxis and Urticaria. *Immunol. Allergy Clin.* **35**, 199-219.
- Yamaguchi, S., Ninomiya K. (2000) Umami and food palatability. *J. Nutr*. **130**, 921S-926S.

- Yasumatsu, K., Horio, N., Murata, Y., Shirosaki, S., Ohkuri, T., Yoshida, R., Ninomiya, Y. (2009) Multiple receptors underlie glutamate taste responses in mice. *Am. J. Clin. Nutr*. **90(3)**, 747S-752.
- Zhang, F., Klebansky, B., Fine, R.M., Hong, X., Pronin, A., Haitian, L., Tachdjian, C., Xiaodong, L. (2008) Molecular mechanism for the umami taste synergism. *P. Natl. Acad. Sci. USA*. **105**(2), 20930-20934.