

Percepcija slanog ukusa i preferenca prema natrijum-hloridu

Lilić Slobodan¹, Matekalo-Sverak Vesna¹, Vranić Danijela¹

S a d r Ź a j: Natrijum-hlorid je osnovni dodatak hrani, koji doprinosi slanom ukusu, ima konzervišuće efekte i učestvuje u postizanju poželjnih teksturalnih karakteristika hrane. U radu je prikazana osnovna uloga natrijuma u organizmu, kao i mehanizmi regulacije njegovog metabolizma i negativni efekti prekomernog unosa natrijuma. Prekomeran unos natrijuma, jedan je od uzroka esencijalne hipertenzije, direktnog rizika od srčanog udara, hipertrofije leve komore, kliničkih i idiopatskih edema, smanjenja elastičnosti krvnih sudova, proteinurije, rizika za oboljenja srca i bubrega, rizika od nastanka raka želuca, stvaranja kamena u bubregu, smanjenja gustine kostiju, eksacerbacije astmatičnih napada, povećanja insulinske rezistencije i pojave gojaznosti. U radu je, takođe, prikazan razvoj čula ukusa, nervna regulacija ukusa za slano, kao i nastanak preference prema soli, koja nastaje još u ranom detinjstvu, prenosi se preko adolescentnog doba do odraslog čoveka, a može imati posledice za ceo život. Smanjivanje unosa natrijuma, u odnosu na uobičajeni unos koji nam je dostupan hranom, može imati dalekosežne efekte i, samim tim, može formirati čulo ukusa kod dece, na taj način da u odrasloj dobi konzumiraju hranu sa manje natrijum-hlorida. Istraživanja u ovoj oblasti su veoma ograničena, ali je važno naglasiti da ekspozicija prema soli u prvim godinama života, u velikoj meri, određuje preferencu prema soli u odrasloj dobi, što može imati značajne efekte u smislu očuvanja, ili narušavanja zdravlja, zavisno od unosa natrijuma.

Cljučne reči: natrijum-hlorid, prekomeran unos natrijuma, ukus.

So u istoriji čoveka

Istorija soli stara je koliko i istorija ljudskog roda. Otkriće soli omogućilo je da hrana bude duže održiva, dostupna nezavisno od godišnjeg doba i omogućila je njen transport na veće udaljenosti. So je poticala iz mora i iz rudnika. Najstariji rudnici na svetu nalazili su se u brdima, u kojima je so iskopavana, pakovana u kožne vreće, tovarena na životinje i razmenjivana za čilibar, zlato i bakar. Smatra se da je transport soli počeo još u Kini pre 4000 godina (Adshead, 1992).

Bila je jednako važna za Jevreje, Egipćane, Kinzeze, Grke i ostale narode antičkog doba. U Rimskom carstvu kontrolisana je cena soli, korigovana od najviše, kada su zaradu koristili za vođenje rata, do najniže, kada su i siromašni mogli da je kupe. Deo plate rimskih vojnika je, prema uobičajenom verovanju, bila so, a otuda i naziv plate u nekim jezicima, npr. u engleskom „salary“ što odgovara latinskoj reči „salarium“. Takođe, i vojnici u Američkom

građanskom ratu bili su plaćeni solju. Sa razvojem Rima, gradili su se putevi soli koji su omogućavali lakši transport soli od Jadranskog mora, koje je bilo poznato po svom visokom salinitetu. U to doba nastali su poznati putevi soli, kao što su „Via salaria“ u Italiji, „Salzstraße“, od Lüneburga do Lübecka i „zlatna staza“, od Passaua do Böhmena.

So je transportovana i daleko do germanskih plemena, ili od Severne Afrike do sredine i juga kontinenta, kada je 40 hiljada kamila na putu dugom 400 milja prenosilo so koja se razmenjivala, nekada, za istu količinu zlata ili za robove.

So se pominje i u Bibliji. Bila je obavezna za korišćenje prilikom prinošenja žrtava paljenica, a koristila se i u metaforičkom smislu.

Najstariji podaci o primeni soli u medicini datiraju 3000 godina pre nove ere i potiču od egipatskog graditelja i lekara Imothepa, koji navodi da so suši inficiranu ranu i može sprečiti upalni proces, a primenu u medicini nastavlja i Hipokrat u staroj Grčkoj. Paracelzus uvodi so kao treći element alhemije,

Napomena: Rad je proistekao iz projekta TR 31083 „Smanjivanje sadržaja natrijuma u proizvodima od mesa – tehnološke mogućnosti, karakteristike kvaliteta i zdravstveni aspekti“, koji finansira Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije.

¹Institut za higijenu i tehnologiju mesa, Kačanskog 13, 11000 Beograd, Republika Srbija.

pored sumpora i žive, čime prekida dualističku koncepciju i smatra da se samo posoljena hrana može dobro probaviti. On je jedan od prvih koji koristi slane kupke u lečenju kožnih oboljenja.

Najveća potrošnja soli dostignuta je 1870. godine. Pojavom frižidera i zamrzavanja, so više nije bila toliko neophodna za prezervaciju hrane. Tako je bilo do dvadesetog veka kada je shvaćeno da mnogo veći prihod donosi proizvodnja slanih prehrambenih proizvoda. Takođe, so je bila prva funkcionalna namirnica zbog dodavanja joda za sprečavanje gušavosti.

Uloga natrijum-hlorida u organizmu

Natrijum je katjon ekstracelularne tečnosti i funkcioniše kao osmotski faktor u regulaciji volumena ekstracelularne tečnosti i, shodno tome, volumena krvne plazme. Oko 95% ukupnog sadržaja natrijuma u organizmu, utvrđeno je u ekstracelularnoj tečnosti. Natrijum je važna determinanta potencijala ćelijske membrane i aktivnog transporta molekula kroz nju. Koncentracija natrijuma u ćeliji je manja od 10% i potreban je energetska zavisan proces da održi ovu koncentraciju. Hlor je ekstracelularni anjon koji, u kombinaciji sa natrijumom, učestvuje u održavanju volumena tečnosti i elektrolitičkog balansa, a istovremeno služi za sintezu hlorovodonične kiseline u želucu.

U tankom crevu se apsorbuje približno 98% natrijuma i hlora, a najveći deo unetog natrijum-hlorida izlučuje se urinom i znojem (*Holbrook i dr.*, 1984). Kod ljudi u stanju mirovanja, koji imaju minimalan gubitak natrijuma znojem, u smislu nivoa natrijuma i balansa tečnosti, količina natrijuma izlučena urinom približno je jednaka njegovom nivou u primarnom urinu. Ovaj fenomen se dešava usled kapaciteta bubrega da filtriraju velike količine natrijuma i da ga reapsorbiraju preciznim mehanizmom, i to 99% od filtrirane količine (*Valtin i Schafer*, 1995). Natrijum se održava izvan ćelije posredstvom Na^+/K^+ ATP-azne (adenozin trifosfatne) pumpe. Različiti sistemi i hormoni utiču na balans natrijuma i hlora, uključujući renin-angiotenzin-aldosteron sistem, simpatički nervni sistem, atrijalni natriuretiki peptid, kalikrein-kinin sistem i različite intrarenalne mehanizme. Angiotenzin II je potencijalni vazokonstriktor kojim se postiže da proksimalni tubuli nefrona povećaju retenciju natrijuma i hlora i da stimulišu oslobađanje aldosterona iz adrenalnog korteksa (*Valtin i Schafer*, 1995). Aldosteron pomaže reapsorpciju natrijuma u distalnim tubulima nefrona posredstvom mineralokortikoid-receptor-medijatorske razmene jona vodonika i kalijuma. Smanjenim uno-

som soli, smanjenim volumenom krvi ili smanjenim krvnim pritiskom, stimuliše se renin-angiotenzin-aldosteron sistem. Kada je ovaj sistem manje reaktivan, u starijem dobu, postoji veća mogućnost snižavanja krvnog pritiska smanjenim unosom soli (*Weinberger i dr.*, 1993).

Atrijalni natriuretiki peptid (ANP) oslobađa se kao odgovor na povećani volumen krvi i služi kao protivregulatorni sistem u odnosu na renin-angiotenzin-aldosteron sistem. On smanjuje oslobađanje renina i, shodno tome, oslobađanje angiotenzina II i aldosterona i povećava stepen glomerularne filtracije. Ove akcije doprinose smanjivanju volumena krvi i, sledstveno tome, krvnog pritiska.

Simpatički nervni sistem je drugi važan regulatorni sistem koji reguliše izlučivanje natrijuma i hlora kroz najmanje tri mehanizma: izmena protoka krvi u bubrežnoj srži, oslobađanje renina i direktan efekat na bubrežne tubule. Slično renin-angiotenzin-aldosteron sistemu, simpatički nervni sistem je aktiviran tokom utroška natrijuma i potisnut tokom njegovog prekomernog unosa (*Luft i dr.*, 1979). Sa povećanjem volumena ekstracelularne tečnosti, povećava se protok kroz bubrežnu srž, rezultujući smanjenjem koncentracije tečnosti dopremljene ascedentnom granom Henleove petlje u bubrežnom tubulu. Ovo smanjenje dovodi do smanjene reapsorpcije natrijuma iz bubrežnog nefrona, tako da se više natrijuma isporučuje distalnom tubulu za ekskreciju. Intrarenalni mehanizmi su, takođe, značajni za homeostazu natrijuma i hlora. Ovi mehanizmi uključuju lokalno oslobođene prostaglandine, kinine, angiotenzin, endotelijalni relaksirajući faktor i ostale manje definisane faktore.

Negativni efekti prekomernog unosa natrijuma

Nekoliko miliona godina, predak čoveka konzumirao je manje od 1 g soli dnevno (*Blackburn i Prineas*, 1983; *Eaton i Conner*, 1985).

Natrijum se, uglavnom, unosi preko natrijum-hlorida (90%), odnosno kuhinjske soli, ali i drugim jedinjenjima natrijuma, kao što su natrijum-bikarbonat, mononatrijum-glutamat, natrijum-fosfat, natrijum-karbonat i natrijum-benzoat. Međutim, utvrđeno je da natrijum poreklom iz npr. natrijum-bikarbonata ne povećava u tolikoj meri krvni pritisak kao natrijum iz kuhinjske soli (*Schorr i dr.*, 1996).

Unos natrijum-hlorida je jedan od nekoliko faktora ishrane koji doprinose povećanju krvnog pritiska. Drugi faktori ishrane koji povećavaju krvni pritisak su: prekomerna telesna masa, neadekvat-

ni unos kalijuma, visok unos alkohola i fizička neaktivnost.

Kao što je već rečeno, krvni pritisak je u direktnoj korelaciji sa unosom natrijuma hranom. Na osnovu ove zavisnosti formiran je termin „natrijum senzibilitet“. Natrijum senzibilne osobe, prema ranijim istraživanjima, bile su one koje su reagovala povećanjem krvnog pritiska prilikom prekomernog unosa natrijuma, odnosno natrijum-hlorida. Međutim, danas se, kao natrijum senzibilne osobe označavaju one koje reaguju značajnim snižavanjem krvnog pritiska posle smanjenog unosa natrijuma hranom. Svakako da uticaj smanjenog unosa natrijuma na snižavanje krvnog pritiska zavisi i od drugih faktora, kao što su genetski faktori, uzrast, hronična oboljenja, šećerna bolest i hronična oboljenja bubrega. Natrijum senzibilne osobe su u povećanom riziku od kardiovaskularnih oboljenja (Morimoto i dr., 1997). Natrijum senzibilitet, čak i kod normotenzivnih osoba, povećava rizik od hipertenzije i kardiovaskularne smrti (Weinberger i dr., 2001). U ovom trenutku ne postoji definicija ni mogućnost da se izmeri natrijum senzibilitet kod ljudi, odnosno još ne postoji praktična strategija da se identifikuju natrijum senzibilne osobe. Jedino što se može učiniti je da se definišu delovi populacije kod kojih sa povećanjem unosa natrijuma dolazi do porasta krvnog pritiska.

Osim pojave hipertenzije, prekomeran unos natrijum-hlorida može dovesti do:

- direktnog rizika od srčanog udara (Perry i Beevers, 1992),
- hipertrofije leve komore (Schmieder i Messerli, 2000),
- retencije natrijuma u ekstracelularnoj tečnosti, odnosno do retencije vode i kliničkih i idiopatskih edema, naročito kod žena (MacGregor i de Wardener, 1997),
- povećanja tvrdoće, odnosno smanjenja elastičnosti zidova krvnih sudova, naročito arterija, nezavisno od krvnog pritiska (Avolio i dr., 1986),
- proteinurije, u prvom redu do urinarne ekskrecije albumina, a time i do povećanog rizika za oboljenja srca i bubrega (Du Cailar i dr., 2002),
- veće mogućnosti infekcije sa *Helicobacter pylori* i rizika od nastanka raka želuca (Tsugane i dr., 2004),
- povećanja urinarne ekskrecije kalcijuma i rizika od stvaranja kamena u bubregu (Capuccio i dr., 2000), zatim rizika od smanjenja gustine kostiju, a shodno tome i od osteoporozе i kompresivnih fraktura kostiju, naročito kod žena u menopauzi (Devine i dr., 1995),

- eksacerbacije (pojačanje, produženje) astmatičnih napada (Mickleborough i dr., 2005), i
- povećanja HOMA (homeostasis model assessment) insulinske rezistencije kod pacijenata sa esencijalnom hipertenzijom, od kojih je većina sa umanjenom tolerancijom na glukozu (Kuroda i dr., 1999);
- posredna pojava gojaznosti usled pojačanog konzumiranja osvežavajućih bezalkoholnih pića.

Zbog negativnih efekata koji nastaju usled prekomernog unosa natrijuma hranom, za koga se smatra da 75% potiče iz proizvoda od mesa (Wirth, 1991), sprovedena su mnoga istraživanja koja se bave utvrđivanjem sadržaja natrijum-hlorida u proizvodima od mesa (Vranić i dr., 2009; Kurćubić i dr., 2011). Takođe, mnoga istraživanja bave se problematikom smanjivanja natrijuma u proizvodima od mesa već decenijama (Sofos, 1983; Pasin i dr., 1989; Riera i dr., 1996; Lilić, 2000; Ruusunen i dr., 2002). Smanjivanje sadržaja natrijuma postalo je jedna od osnovnih strategija savremene industrije hrane, koju je inicirala Svetska zdravstvena organizacija, i već je 11 zemalja Evropske unije potpisalo sporazum o smanjivanju sadržaja natrijuma u hrani (Lilić i Matekalo-Sverak, 2011; Šarčević i dr., 2011).

Upotreba natrijum-hlorida u ishrani

Dodavanje kuhinjske soli hrani je specifično ponašanje čoveka. Veruje se da se masovni početak upotrebe soli desio pre 5000 do 10000 godina (He i MacGregor, 2007). Mnogi naučnici veruju da je rana upotreba soli služila u svrhu konzervisanja hrane (MacGregor i de Wardener, 1998). Međutim, slan ukus, je jedan od najznačajnijih efekata koji natrijum-hlorid stvara u hrani.

Karakterističan slan ukus je postao očekivan i široko prihvaćen (Multhauf, 1978). Teško je izračunati koliko su soli unosili ljudi u davna vremena. Jedini dobar način da se to izračuna je da se odredi dnevna ekskrecija natrijuma urinom, pošto se uneta so u većoj količini ne deponuje u organizmu, odnosno balans soli se pod normalnim uslovima reflektuje na jednaki unos i ekskreciju. Izračunat je prosečan dnevni unos natrijuma u nekim delovima Kine 300 godina pre nove ere, koji je iznosio 3000 mg dnevno za žene i 5000 mg dnevno za muškarce (Adshead, 1992). Multhauf (1978) je izračunao da je u Francuskoj i Britaniji u devetnaestom veku, unos natrijuma bio 4000–5000 mg dnevno. Ove brojke pokazuju da je unos natrijuma bio sličan kao što je i u današnjem društvu (INTERSALT Cooperative Research Gro-

up, 1988). To znači da razlog povećanom unosu soli ne možemo tražiti u dvadesetom veku, odnosno modernoj proizvodnji hrane, već, umesto toga, moramo potražiti potrebe u proizvodnji hrane koje potiču hiljadama godina unazad, najviše zbog konzervativnog efekta kuhinjske soli. Mora se, takođe, potražiti sličnost u količini unosa soli hranom tokom istorije, jer je utvrđeno da su različiti narodi imali sličan unos soli, odnosno imali slične ili različite fiziološke i nutritivne potrebe, koje su dovele do predispozicije čoveka i želje za unosom velike količine soli (Fessler, 2003; McCarron *i dr.*, 2009). U današnje vreme, dnevni unos natrijum-hlorida je prilično ve-

liki, naročito u razvijenim zemljama, odnosno u populacijama koje konzumiraju uglavnom industrijski proizvedenu hranu. U tabeli 1 prikazani su rezultati istraživanja dnevnog unosa natrijuma (SAD), u zavisnosti od starosti, pola i fiziološkog stanja (Henney *i dr.*, 2010).

Iz tabele 1 može da se vidi da muškarci imaju veći dnevni unos natrijuma u odnosu na žene, kao i trudnice i žene u laktaciji. Prosečan dnevni unos natrijuma od 3614 mg dnevno, koji je utvrđen u svim kategorijama, ukupno kod 16822 osobe, prevazilazi 1500 mg, koliko iznose potrebe bazalnog metabolizma za odraslog čoveka.

Tabela 1. Prosečan dnevni unos natrijuma (mg)

Table 1. Average daily sodium intake (mg)

	n	Hrana/ Food	So sa stola/ Table salt	Pijaća voda/ Drinking water	Dodaci/ Additives	Svi izvori/ All sources
Svi uzrasti (2+ godine)/ All ages (2+ years)	16822	3407	178	27	2	3614
Deca/Children						
2–3 godine/years	921	2201	28	9	1	2239
4–8 godina/years	1680	2795	49	12	1	2857
Muškarci/Men						
9–13 godina/years	1009	3513	93	17	0	3624
14–18 godina/years	1351	4339	105	27	4	4474
19–30 godina/years	1097	4490	217	32	2	4741
31–50 godina/years	1439	4448	237	32	1	4719
51–70 godina/years	1215	3738	230	28	2	3999
>70 godina/years	808	3000	189	25	3	3217
Žene/Women						
9–13 godina/years	1039	3019	85	16	1	3121
14–18 godina/years	1250	2980	112	20	1	3113
19–30 godina/years	914	3062	207	29	1	3298
31–50 godina/years	1350	3021	215	31	1	3268
51–70 godina/years	1251	2773	197	32	3	3005
>70 godina/years	787	2397	127	26	4	2554
Trudnice/ Pregnant women	623	3541	201	22	1	3765
Žene u laktaciji/ Women in lactation	99	3236	270	28	0	3534

Čulo ukusa

Čulo ukusa, jedno od pet čula, definisano je na osnovu anatomskih karakteristika. Kod sisara, čulo ukusa je pod uticajem ćelija receptora primarno lokalizovanih u usnoj šupljini na receptorskim kvržicama. Ćelije receptora inervisane su granama sedmog, devetog i desetog kranijalnog nerva koji grade sinapse u moždanom stablu pre slanja poruka u druge delove mozga (*Breslin i Spector, 2008*).

Rezultati mnogih istraživanja ukazuju da je čulo ukusa sastavljeno od malog broja primarnih, ili osnovnih kvaliteta ukusa, koji se sastoje od slatkog, kiselog, slanog, gorkog i umami ukusa (*Bachmanov i Beauchamp, 2007*). Specifične klase ili kategorije ukusa pomažu životinjama da reše dva od mnogih primarnih problema, a to su identifikacija i unos nutrijenata i izbegavanje otrova. Konsekvenca ovih kritičnih funkcija u pozitivnom ili negativnom odgovoru na ukus većinom su genetski determinisane. Tako je sladak ukus generalno prihvaćen od strane herbivora i omnivora i ponekih karnivora (npr. mačke ne prepoznaju sladak ukus), (*Li i dr., 2005*), dok je, suprotno tome, gorak ukus onaj koji se se ne dopada i izbegava, jer je, uglavnom, toksičan (*Breslin i Spector, 2008*). Svaka hrana, ili piće saopštavaju, pored ukusa, i druge čulne senzacije, naročito isparljiva jedinjenja koja određenoj hrani daju specifičan identitet. Ova svojstva prenose čulo mirisa, inervisanom prvim kranijalnim nervom, uglavnom preko retronazalnog ukusa, od grla, preko nosnih šupljina i do mirisnih receptora u gornjim regionima nosne šupljine i osećaj hemestezisa (hemijski senzibilitet kože i sluznice), odnosno iritacijom petog kranijalnog nerva (*Green i dr., 1990*). U uobičajenom ljudskom ponašanju ovi osećaji se definišu kao „ukusno je“.

Natrijum-hlorid ima veoma značajan doprinos, moglo bi se reći i najveći, u poželjnom ukusu hrane. Međutim, ukusu hrane doprinose i mnoge druge čulne senzacije, kojima bi trebalo posvetiti pažnju u cilju razvoja strategija uspešnog smanjenja kuhinjske soli u hrani (*Koza i dr., 2005*). Na primer, neke isparljive komponente, receptori mirisa prepoznaju kao „slatke“ što može doprineti ukupnoj prihvatljivosti hrane (*Schifferstein i Verlegh, 1996*). Analogni fenomen se može desiti i sa slanošću (*Manabe i dr., 2009*). Naučne studije koje se zasnivaju na snimanju mozga (funkcionalna magnetna rezonanca) pokazuju da informacije o ukusu dolaze iz odvojenog senzorskog sistema zajedno sa nekoliko delova mozga koji se nalaze u orbito-frontalnom delu korteksa mozga (*Rolls i dr., 2010*). To znači da je percepcija ukusa unitarna i sastavljena od anatomski nezavisnih senzorskih sistema, a naglašava ulogu opšte

percepcije ukusa u širem smislu (engl. flavour) koja određuje prijatnost konzumiranja određene hrane. Dodavanje određenih sastojaka u kulinarstvu, kao što su sveže biljke, začini, limun, senf i sirće mogu uticati na mogućnost smanjenja soli u ishrani (*Matekalo-Sverak i dr., 2007; Lilić i Matekalo-Sverak, 2007; Ram, 2008*). Prema Ramu, neke kulinarske tehnike, kao što je npr. prženje hrane, mogu smanjiti potrebu za dodavanjem soli, jer tom prilikom dolazi do stvaranja novih ukusa.

Natrijum-hlorid, prototipski molekul slanog ukusa, učestvuje kao skoro čist slan ukus, dok npr. kalijum-hlorid, koji se često koristi kao supstituent natrijum-hlorida u hrani sa smanjenim sadržajem soli (*Lilić i Matekalo-Sverak, 2007*), obično ima i slan i gorak ukus, zbog čega je njegova upotreba ograničena. Svaki molekul ukusa saopštava intenzitet; kako koncentracija raste, tako i slanost raste, do određenog maksimuma, kada se više ne oseća slan ukus. Intenzitet slanog ukusa raste u nekoliko stotina milisekundi i potom rapidno opada. Kritični atribut slanog ukusa je hedonistička dimenzija. Za mnoge vrste hrane, dodavanje soli povećava želju za tom hranom do određenog nivoa. Za svakoga od nas postoji drugačija prihvatljivost stepena slanosti. Za bilo koju hranu postoji individualna suštinska razlika u kojoj leži optimalna tačka, koja se obično označava kao „tačka blaženstva“ (*McBride, 1994*). Neke od ovih razlika nastaju usled razlike u iskusvu sa solju, odnosno slanom hranom, što dovodi do zaključka da se ona može menjati u skladu sa ekspoziplom prema natrijum-hloridu. „Tačka blaženstva“ implicira veoma preciznu tačku, međutim, ona u stvari pokriva širok raspon koncentracije natrijuma u naizgled sličnim kategorijama hrane. Ovaj fenomen može da pomogne u objašnjavanju zašto je relativno lako smanjiti sadržaj soli u hrani bez smanjenja čulnih percepcija. Natrijum-hlorid, ne samo što dovodi do osećaja slanosti, nego u mnogim kategorijama hrane igra i drugu ulogu koja se sastoji u percepciji čvrstoće proizvoda, pojačava sladak ukus, maskira metalni ukus i off notu (nepoželjan ukus) i zaokružuje opšti ukus („flavour“) doprinoseći njegovom intenzitetu (*Gillette, 1985*). Nisu potpuno jasni mehanizmi ovakvog delovanja soli, ali se pretpostavlja da, osim interakcije sa receptorima ukusa, so može aktivirati somatosenzorske (dodir) nervne sisteme. Jedan od mehanizama je, međutim, dobro poznat, a to je supresija gorkog ukusa. Različiti ingredijenti koji sadrže natrijum učestvuju u smanjenju percepcije gorkog ukusa nekih komponenta hrane, uključujući tu i kinin-hidrohlorid, kofein, magnezijum-sulfat i kalijum-hlorid (*Breslin i Beauchamp, 1995*). Dalje, supresija gorkih komponenti hrane može pojačati ukus nekih drugih komponenti.

Na primer, dodavanje natrijum-acetata, koji ima blago slan ukus, u mešavine šećera i gorkih jedinjenja pojačava percepciju slatkog ukusa u mešavini, supresijom gorkog ukusa (Gillete, 1985).

Uticao aktivnosti vode je drugi preporučeni razlog zbog kojeg se može potencirati „flavor“ u hrani. Upotreba natrijum-hlorida smanjuje aktivnost vode, što može dovesti do efektivnog povećanja koncentracije ukusa i doprineti isparljivosti komponenta ukusa (Hutton, 2002).

Natrijum-hlorid, disosovan u jone doprinosi slanom ukusu. Široko je prihvaćena teorija da joni natrijuma igraju primarnu ulogu u percepciji slanog ukusa, dok joni hlora imaju ulogu modulatora (Bartoshuk, 1980). Ovoj tvrdnji doprinosi činjenica da kod anjona koji su veći od hlorida, npr. acetat ili glukonat, percepcija slanosti je manja.

Pretpostavlja se da su dva ili više tipova receptora u usnoj šupljini, primarno na jeziku, odgovorni kao „okidači“ slanog ukusa (Bachmanov i Beauchamp, 2007), ali su mnoge nedoumice ostale.

Najverovatnija hipoteza, koja je demonstrirana kod miševa i pacova, tvrdi da jedan set receptora igra ulogu u percepciji slanog ukusa, što uključuje jonske kanale (Epithelial sodium (Na) Channels: ENaC). Ovi kanali dozvoljavaju primarno natrijumu (i litijumu) da izađu iz ćelije receptora, da se rastvore u pljuvački i ponovo uđu u ćeliju. Rezultat je povećavanje koncentracije jona natrijuma unutar ćelije ukusa uzrokujući oslobađanje neurotransmitera koji signaliziraju slan ukusu u mozgu (Chandrashekar i dr., 2010). Pošto jedino joni natrijuma i litijuma proizvode skoro čist slan ukus, veruje se da ovi natrijum- i litijum-specifični kanali receptora igraju glavnu ulogu u osećaju slanosti (Beauchamp and Stein, 2008; McCaughey, 2007).

Istraživanja na eksperimentalnim životinjama pokazuju da diuretička komponenta, amilorid, molekul koji blokira natrijumove kanale, smanjuje percepciju slanog ukusa, dok on kod ljudi ima nešto manju ulogu (Halpern, 1998). Ukoliko je ova hipoteza tačna, onda se dolazi do zaključka da nije moguće izvršiti potpunu supstituciju natrijuma u hrani, odnosno da je jedini pravi supstituent litijum, što nije moguće zbog njegove visoke toksičnosti.

Postoje dva uslova prilikom kojih životinje, a i ljudi, odlučuju da konzumiraju so. Prvi je, što je potvrđeno studijama na eksperimentalnim životinjama, kada dođe do potrebe u soli, kod herbivora koji žive u okruženju sa niskim sadržajem natrijuma, što se naziva „potrebom u soli“ (Geerling and Loewy, 2008). Brojni su sistemi koji dovode do ovakvog ponašanja i mogu biti hormonalni, nervni (CNS – centralni nervni sistem) i bihevioralni i udruženi su u slučaju da je organizam u stvarnom deficitu u natri-

jumu, što ih motiviše da traže izvore soli i da obnove svoj balans u natrijumu (Morris i dr., 2008). Životinje koje su utrošile svoje zalihe natrijuma imaju sposobnost da prepoznaju, svojim posebnim ukusom, neophodni nutrijent. Marginalni deficit u nekim mineralima, posebno u kalcijumu, mogu igrati ulogu u stimulaciji čoveka da konzumira slaniju hranu (Tordoff, 1992).

Drugi uslov odgovaran za unos soli dešava se kod mnogih vrsta, uključujući i čoveka, čak i kada ne postoje potrebe za natrijum-hloridom, a to je kada se konzumira više soli u skladu sa telesnim potrebama. Ovo se definiše kao „preferenca prema soli“ (Denton, 1982). Ova preferenca u stvari dovodi do povećanog konzumiranja i uživanja u slanoj hrani. Ovaj fenomen se definiše kao posledica učenja, naročito u detinjstvu ili čak kao navikavanje, odnosno zavisnost (MacGregor i de Wardener, 1998). Suprotno ovom mišljenju, druga istraživanja su pokazala da je evolucija formirala čoveka, ili neke životinje da imaju urođeno dopadanje prema ovom ukusu, čak i kada natrijum nije potreban (Beauchamp, 1991).

Denton (1982) se protivi ovoj tvrdnji i konstatuje da prekomeran unos soli, veći od potreba, ni na koji način ne ublažava takav unos u skladu sa urođenim sklonostima, kao što seksualna aktivnost postoji i kada ne postoji potreba za produženjem vrste. On smatra da prekomeran unos soli nužno obezbeđuje neku vrstu nagrade. Ljude, uglavnom, ne privlači neka supstanca, osim ukoliko ona ne poseduje snažne fiziološke efekte, tako da se nameće potreba da se ispita poreklo preference prema soli tokom ljudskog razvoja.

Iako novorođenčad imaju umerenu potrebu u natrijumu (IOM, 2005), ona su, ili indiferentna prema soli, ili je odbijaju, posebno u koncentracijama višim od onih utvrđenih u krvi (hipertonični rastvori). Od četvrtog do šestog meseca, bebe pokazuju preference (koje odgovaraju običnoj vodi) prema slanim rastvorima koji su izotonični (krv), ili čak hipertonični (Cowart i dr., 2004). Ovaj period odgovara maturaciji ćelija receptora za slan ukus.

Količina soli koju konzumiraju bebe utiče na razvoj preference prema soli, odnosno prema slanom ukusu (Harris i Booth, 1985). U nekim istraživanjima (Geleijnse i dr., 1997) se ukazuje da deca koja su podvrgnuta ishrani sa smanjenim, ili normalnim sadržajem soli tokom prvih šest meseci pokazuju razlike u krvnom pritisku u adolescentom dobu (15 godina), kao grupe ljudi koje konzumiraju hranu sa manje soli i imaju niži krvni pritisak. Ovi podaci su u skladu sa hipotezom da ekspozicija prema manjim količinama soli u prvom periodu života, odnosno kod beba, rezultuje u manjoj preferenci prema

solu i smanjenom unosu natrijuma u narednom periodu života.

Kliničke studije (Leshem, 2009) ukazuju da istinski gubitak natrijuma u ovom periodu može povećati kasnije „dopadanje“ prema soli, koje može biti i permanentno. Slični ogledi izvedeni su na pacovima kod kojih trošenje natrijuma u ranom periodu uzrokuje promene u neuronskom kolu koje posreduje unos soli. Iako je malo evidentno da gubitak natrijuma u zreloj dobi ima komparativne dugotrajne efekte na dopadanje prema soli (Bauchamp i dr., 1990; Leshem, 2009), smatra se da varijacije u ekspoziciji prema soli tokom kritičnog perioda sazrevanja permanentno menjaju periferne i/ili centralne strukture i da su zbog toga posebno važne tokom detinjstva i možda čak određuju unos natrijuma u zreloj dobi.

Utvrđeno je da deca imaju višu preferencu prema soli nego odrasli (Beauchamp i Cowart, 1990; Beachamp i dr., 1990; Desor i dr., 1975). Bihejvi-

oralna i fiziološka osnova za ovu razliku koja se odnosi na godine još nije razjašnjena. Moglo bi se reći da su deca izložena višem nivou soli nego odrasli, ili da se to odnosi na senzorske ili metaboličke osobine soli za svaku osobu, posebno tokom različitih starosnih dobi.

Podaci izneti u radu ističu značaj razumevanja slanog ukusa i preference prema soli kod dece. Može se zaključiti da se tokom infantilnosti i detinjstva stiču određene navike u smislu unosa natrijum-hlorida. Smanjivanje unosa natrijuma u odnosu na uobičajeni unos koji nam je dostupan hranom, može imati dalekosežne efekte i formirati čulo ukusa kod dece, na taj način da u odrasloj dobi konzumiraju hranu sa manje natrijum-hlorida. Istraživanja u ovoj oblasti su veoma ograničena, ali je važno naglasiti da ekspozicija prema soli u prvim godinama života u velikoj meri određuje preferencu prema soli u odrasloj dobi, što može imati značajne efekte u smislu očuvanja ili narušavanja zdravlja, zavisno od unosa natrijuma.

Literatura

- Adshead S. A. M., 1992.** *Salt and civilization*. Christchurch, New Zealand: Canterbury University Press.
- Avolio A. P., Clyde K. M., Beard T. C., Cooke H. M., Ho K. K., O'Rourke M. F., 1986.** Improved arterial distensibility in normotensive subjects on a low salt diet. *Arteriosclerosis*, 6, 166–169;
- Bachmanov A. A., Beachamp G. K., 2007.** Taste receptor genes. *Annual Review of Nutrition*, 27, 389–414.
- Bartoshuk L. M., 1980.** Sensory analysis of the taste of NaCl. In *Biological and behavioral aspects of salt intake*, edited by M. R. Kare, M. J. Fregly, and R. A. Bernard. New York: Academic Press, 83–98.
- Beauchamp G. K., Bertino M., Burke D., Engelman K., 1990.** Experimental sodium depletion and salt taste in normal human volunteers. *American Journal of Clinical Nutrition*, 51, 5, 881–889.
- Beauchamp G. K., Cowart B. J., 1990.** Preference for high salt concentrations among children. *Developmental Psychology*, 26, 4, 539–545.
- Beauchamp G. K., 1991.** Salt preference in humans. In *Encyclopedia of human biology*. 1st ed. Vol. 6, edited by R. Dulbecco. New York: Academic Press.
- Beauchamp G. K., Stein L. J., 2008.** Salt taste. In *The senses: A comprehensive reference*. 6 vols. Vol. 4, edited by A. I. Basbaum. New York: Elsevier, 401–408.
- Blackburn H., Prineas R., 1983.** Diet and hypertension: anthropology, epidemiology, and public health implications. *Progress in Biochemical Pharmacology*, 19, 31–79.
- Breslin P. A. S., Beachamp G. K., 1995.** Suppression of bitterness by sodium: Variation among bitter taste stimuli. *Chemical Senses*, 20, 6, 609–623.
- Breslin P. A. S., Spector A. C., 2008.** Mammalian taste perception. *Current Biology*, 18, 4, 148–155.
- Cappuccio F. P., Kalaitzidis R., Duncleift S., Eastwood J. B., 2000.** Unravelling the links between calcium excretion, salt intake, hypertension, kidney stones and bone metabolism. *Journal of Nephrology*, 13, 169–177;
- Chandrashekar J., Kuhn C., Oka Y., David D. A., Yarmolinsky A., Hummler E., Ryba N. J. P., Zuker C., 2010.** The cells and peripheral representation of sodium taste in mice. *Nature*, 464, 7286, 297–301.
- Cowart B. J., Beachamp G. K., Mennella J. A., 2004.** Development of taste and smell in the neonate. In *Fetal and neonatal physiology*. 3rd ed. Vol. 2, edited by R. A. Polin, W. W. Fox, and S. H. Abman. Philadelphia, PA: W.B. Saunders Co. Pp. 1819–1827.
- Denton D., 1982.** The hunger for salt: An anthropological, physiological and medical analysis. New York: Springer-Verlag.
- Desor J. A., Greene L. S., Maller O. 1975.** Preferences for sweet and salty in 9 to 15 year old and adult humans. *Science*, 190, 4215, 686–687.
- Devine A., Criddle R. A., Dick I. M., Kerr D. A., Prince R. L., 1995.** A longitudinal study of the effect of sodium and calcium intakes on regional bone density in postmenopausal women. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 62, 740–745;
- Du Cailar G., Ribstein J., Mimran A., 2002.** Dietary sodium and target organ damage in essential hypertension. *Am J Hypertens*, 15, 222–229;
- Eaton S.B., Konner M., 1985.** Paleolithic nutrition. A consideration of its nature and current implications. *The New England Journal of Medicine*, 312, 283–289.
- Fessler D. M. T., 2003.** An evolutionary explanation of the plasticity of salt preferences: Prophylaxis against sudden dehydration. *Medical Hypotheses*, 61, 3, 412–415.

- Geerling J. C., Loewy A. D., 2008. Central regulation of sodium appetite. *Experimental Physiology*, 93, 2, 177–209.
- Geleijnse J. M., Hofman A., Witteman J. C. M., Hazebroek A. A. J. M., Valkenburg H. A., Grobbee D. E., 1997. Long-term effects of neonatal sodium restriction on blood pressure. *Hypertension*, 29, 4, 913–917.
- Gillette M., 1985. Flavor effects of sodium chloride. *Food Technology*, 39, 6, 47–52.
- Green B. G., Maron J. R., Kare M. R., 1990. *Chemical senses*, 2, New York: Marcel Dekker.
- Halpern B., 1998. Amiloride and vertebrate gustatory responses to NaCl. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 23, 5–47.
- Harris G., Booth D. A., 1985. Sodium preference in food and previous dietary exposure in 6-month old infants. *IRCS Journal of Medical Sciences*, 13, 1178–1179.
- He F. J., MacGregor G. A., 2007. Dietary salt, high blood pressure and other harmful effects on health. In *Reducing salt in foods: Practical strategies*, edited by D. Kilcast and F. Angus. Cambridge, UK: Woodhead., 18–54.
- Henney J. E., Taylor C. L., Boon C. S., 2010. Committee on Strategies to Reduce Sodium Intake Food and Nutrition Board, Strategies to reduce sodium intake in the United States, The national Academic Press, Washington D.C., www.nap.edu, 418–419.
- Holbrook J. T., Patterson K. Y., Bodner J. E., Douglas L. W., Veillon C., Kelsay J. L., Mertz W., Smith J. C., 1984. Sodium and potassium intake and balance in adults consuming self-selected diets. *The American Journal Clinical Nutrition*, 40, 786–793.
- Hutton T., 2002. Sodium: Technological functions of salt in the manufacturing of food and drink products. *British Food Journal*, 104, 2, 126–152.
- INTERSALT Cooperative Research Group: Rose G., Stamler J., Stamler R., Elliott P., Marmot M., Pyorala K., Kesteloot H., Joossens J., Hansson L., Mancia G., Dyer A., Kromhout D., Laaser U., Sans S., 1988. Intersalt: An international study of electrolyte excretion and blood pressure. Results for 24-hour urinary sodium and potassium excretion. *British Medical Journal*, 297, 6644, 319–328.
- IOM (Institute of Medicine), 2005. *Dietary Reference Intakes for water, potassium, sodium, chloride, and sulfate*. Washington, DC: The National Academies Press, 269–423.
- Koza B. J., Cilmi A., Dolese M., Zellner D. A., 2005. Color enhances orthonasal olfactory intensity and reduces retronasal olfactory intensity. *Chemical Senses*, 30, 8, 643–649.
- Kurčić V., Bogosavljević-Bošković S., Petrović M., Mašković P., 2011. Sadržaj natrijum-hlorida i natrijuma u proizvodima od mesa različitih grupa. *Tehnologija mesa* 52, 2, 225–233.
- Kuroda S., Uzu T., Fujii T., Nishimura M., Nakamura S., Inenaga T., Kimura G., 1999. Role of insulin resistance in the genesis of sodium sensitivity in essential hypertension. *Journal of Human Hypertension*, 13, 257–262.
- Leshem M., 2009. Biobehavior of the human love of salt. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 33, 1, 1–17.
- Li X., Li W., Wang H., Cao J., Maehashi K., Huang L., Bachmanov A. A., Reed D. R., Legrand-Defretin, Beauchamp G. K., Brand J. G., 2005. Pseudogenization of a sweetreceptor gene accounts for cats' indifference toward sugar. *PLoS Genetics*, 1, 1, 1–35.
- Lilic S., 2000. Ispitivanje važnijih čimbenika od značaja za održivost i kvalitet sušenog svinjskog mesa. Magistarska teza, Fakultet veterinarske medicine, Beograd.
- Lilic S., Matekalo-Sverak V., 2007. Influence of partial replacement of sodium chloride by potassium chloride and adding of rosemary extract on flavour acceptability of ground meat. *Proceedings, „I International congress „Food technology, quality and safety“*, Symposium of Biotechnology and Food Microbiology, Novi Sad, 61–66.
- Lilic S., Matekalo-Sverak V., Borovic B., 2008. Possibility of replacement of sodium chloride by potassium chloride in cooked sausages – sensory characteristics and health aspects. *Biotechnology in Animal Husbandry* 24, 1–2, 133–138.
- Lilić S., Matekalo-Sverak V., 2011. Salt reduction in meat products – challenge for meat Industry. *Tehnologija mesa*, 52, 1, 22–30.
- Luft F. C., 2009. More mixed messages in terms of salt. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, 4, 11, 1699–1700.
- Luft F. C., Rankin L. I., Bloch R., Grim C. E., Weyman A. E., Murray R. H., Weinberger M. H., 1979. Plasma and urinary norepinephrine values at extremes of sodium intake in normal man. *Hypertension*, 1, 261–266.
- MacGregor G. A., de Wardener H. E., 1997. Idiopathic edema. In: Schrier, R.W., Gottschalk CW, eds. *Diseases of the Kidney*. Boston, MA: Little Brown and Company, 2343–2352;
- MacGregor G., de Wardener H. E., 1998. Salt, diet and health: Neptune's poisoned chalice: The origins of high blood pressure. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Manabe M., Ishizaki S., Yoshioka T., Oginome N., 2009. Improving the palatability of salt-reduced food using dried bonito stock. *Journal of Food Science*, 74, 7, S315–S321.
- Matekalo-Sverak V., Turubatović L., Baras J., 2007. Biotechnological achievements in the application of ingredients in meat industry, *Tehnologija mesa*, 49, 3–4, 141–146.
- McBride R. L., 1994. The bliss point as a measure of pleasure. In *Pleasure, the politics and the reality*, edited by D. M. Warburton. New York: John Wiley & Sons.
- McCarron D. A., Geerling J. C., Kazaks A., Stern J. S., 2009. Can dietary sodium intake be modified by public policy? *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*, 4, 1, 1878–1882.
- McCaughy S., 2007. Dietary salt and flavor: Mechanisms of taste perception and physiological controls. In *Reducing salt in foods: Practical strategies*, edited by D. Kilcast and F. Angus. Cambridge, UK: Woodhead., 77–98.
- Mickleborough T. D., Lindley M. R., Ray S., 2005. Dietary salt, airway inflammation, and diffusion capacity in exercise-induced asthma. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37, 904–914.
- Morimoto A., Uzu T., Fujii T., Nishimura M., Kuroda S., Nakamura S., Inenaga T., Kimura G., 1997. Sodium sensitivity and cardiovascular events in patients with essential hypertension. *Lancet*, 350, 1734–1737.
- Morris M. J., Na E. S., Johnson A. K., 2008. Salt craving: The psychobiology of pathogenic sodium intake. *Physiology and Behavior*, 94, 5, 709–721.
- Multhaupt R. P., 1978. *Neptune's gift: A history of common salt*. Edited by T. P. Hughes, L. Hannah, M. Kranzberg and L. White. Baltimore, MD: The Johns Hopkins University Press.

- Pasin G., O'Mahony G., York B., Weitzel B., Gabriel L., Zeidler G., 1989.** Replacement of sodium chloride by modified potassium chloride (cocrystallised disodium 5'-inosinate and disodium 5'-guanylate with potassium chloride) in fresh pork sausages. *Journal of Food Science*, 54, 3, 553–555.
- Perry I. J., Beevers, D. G., 1992.** Salt intake and stroke: a possible direct effect. *American Journal of Hypertension*, 6, 23–5.
- Ram C., 2008.** Shaking things up: Low-sodium dishes offer flavor without sacrifice. *Plate*, 59–64.
- Riera J. B., Martinez M. R., Salcedo R. C., Juncosa G. M., Sellart J. C., 1996.** Process for producing a low sodium meat product. US Patent 5534279.
- Rolls E. T., Critchley H. D., Verhagen J. V., Kadohisa M., 2010.** The representation of information about taste and odor in the orbitofrontal cortex. *Chemosensory Perception*, 3, 1, 16–33.
- Ruusunen M., Niemistö M., Puolanne E., 2002.** Sodium reduction in cooked meat products by using commercial potassium phosphate mixtures. *Agricultural and Food Science in Finland*, 11, 199–207.
- Šarčević D., Lilić S., Đorđević V., Milićević D., Vranić D., Lakićević B., Milijašević M., 2011.** The role of consumers' perception and attitude in purchasing of meat and meat products. *Tehnologija mesa*, 2, 2011, 283–290.
- Schiffstein H. N. J., Verlegh P. W. J., 1996.** The role of congruency and pleasantness in odor-induced taste enhancement. *Acta Psychologica*, 94, 1, 87–105.
- Schmieder R. E., Messerli F. H., 2000.** Hypertension and the heart. *Journal of Human Hypertension*, 14, 597–604.
- Schorr U., Distler A., Sharma A. M., 1996.** Effect of sodium chloride- and sodium bicarbonate-rich mineral water on blood pressure and metabolic parameters in elderly normotensive individuals: A randomized double-blind crossover trial. *Journal of Hypertension*, 14, 131–135.
- Sofos J. N., 1983.** Effects of reduced salt levels on sensory and instrumental evaluation of frankfurters. *Journal of Food Science*, 48, 1691–1692.
- Tordoff M. G., 1992.** Influence of dietary calcium on sodium and calcium intake of spontaneously hypertensive rats. *American Journal of Physiology – Regulatory Integrative and Comparative Physiology*, 262, 370–381.
- Tsugane S., Sasazuki S., Kobayashi M., Sasaki S., 2004.** Salt and salted food intake and subsequent risk of gastric cancer among middle-aged Japanese men and women. *British Journal of Cancer*, 90, 128–134.
- Valtin H., Schafer J. A., 1995.** Renal Function: Mechanisms Preserving Fluid and Solute Balance in Health. 3rd ed. Boston: Little Brown.
- Vranić D., Saičić S., Lilić S., Trbović D., Janković S., 2009.** Studija o sadržaju natrijumhlorida i natrijuma u nekim proizvodima od mesa sa tržišta Srbije. *Tehnologija mesa*, 50, 3–4, 249–255.
- Weinberger M. H., Fineberg N. S., Fineberg S. E., Weinberger M., 2001.** Salt sensitivity, pulse pressure, and death in normal and hypertensive humans. *Hypertension*, 37, II429–II432.
- Weinberger M. H., Stegner J. E., Fineberg N. S., 1993.** A comparison of two tests for the assessment of blood pressure responses to sodium. *American Journal of Hypertension*, 6, 1179–1184.
- Wirth F., 1991.** Restricting and dispensing with curing agents in meat products. *Fleischwirtschaft*, 71, 9, 1051–1054.

Perception of salty taste and preference to sodium chloride

Lilić Slobodan, Matekalo-Sverak Vesna, Vranić Danijela

Summary: Sodium chloride is the main food additive contributing to salty taste. It also has preserving effect and participates in acquiring desirable textural characteristics and properties of the food. Main role of sodium in human organism is presented in this paper, as well as mechanisms of the regulation of sodium metabolism and negative effects of excessive intake of sodium. Excessive sodium intake is one of the causes of essential hypertension as direct risk of myocardial infarction, left ventricular hypertrophy, clinical and idiopathic edema, reduced elasticity of blood vessels, proteinuria, risk of coronary and kidney disease, risk of stomach cancer, incidence of renal celluloses, decreased bone density, exacerbation of asthma attacks, increased insulin resistance and incidence of obesity. Also, in this paper, development of the sense of taste is presented, neural regulation of the taste for salt, as well as development of preference to salt occurring in early childhood and transmitted through adolescence to adulthood, which may have lifelong implications. Reduced intake of salt, compared to usual intake available through food, can have long lasting effects and at the same time, it can develop the sense of taste in children in a way that they consume food with less sodium chloride as adults. Studies in this field are very limited, but it is important to point out that exposure to salt in the early years of life greatly determines the preference to salt in the adulthood, which is important from the aspect of, either preservation, or health impairment, depending on the sodium intake.

Key words: sodium chloride, excessive sodium intake, taste.

Rad primljen: 17.04.2012.

Rad prihvaćen: 20.04.2012.