

# Hrana i mentalne sposobnosti

---

Vukoje, Ivana

Undergraduate thesis / Završni rad

2014

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:109:726495>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-24**

REPOZITORIJ

PTF OS

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

dabar  
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
PREHRAMBENO – TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

Ivana Vukoje

Hrana i mentalne sposobnosti

završni rad

Osijek, 2014.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENA TEHNOLOGIJA



**Student:** Ivana Vukoje **MB:** 3027/08

**Mentor:** prof. dr. sc. Milena Mandić

**Predano:** 23.04.2014.

**Pregledano:** 09.05.2014.

**Ocjena:**

**Potpis mentora:**

---

# Sažetak

Znanstvenici dokazuju da ono što je u hrani koju jedemo može utjecati na kemijski sastav i funkciju našeg mozga i naše raspoloženje. Prehrana može utjecati na naše mentalne sposobnosti, uključujući i našu budnost te na našu sposobnost promijene proizvodnje ili otpuštanja neurotransmitera, kemijskih glasnika koji nose informacije od jedne živčane stanice do druge. Hrana se sastoji od više nego jednog nutrijenta i kako ti različiti nutrijenti međusobno reagiraju utjecat će na proizvodnju i otpuštanje neurotransmitera. Konzumacija nutrijenata (biološki aktivne tvari), u obliku hrane, utječe na kemiju tijela koja, pak, utječe na kemiju mozga i njegovu funkciju. Živčani impulsi uglavnom su rezultat razmjene natrija i kalija, ali i brojne druge tvari kao minerali (željezo, cink, selen), složeni ugljikohidrati, aminokiseline (triptofan i tirozin), masne kiseline, posebice omega - 3 masne kiseline, proteini, vitamini, posebice vitamini B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub> i folna kiselina, i kombinacija vitamina A, C, D i E i antioksidansi poput kvercetina, utječu na propusnost stanične membrane, metabolizam neurotransmitera i glija stanica koje pružaju strukturnu i prehrambenu podršku neuronima. Osjetljiva kemijska ravnoteža u mozgu donekle je zaštićena krvno - moždanom barijerom koja ograničava ulazak određenih kemikalija u mozak putem krvi. Ipak, mozak je vrlo osjetljiv na promjene u kemiji tijela koje proizlaze iz unosa nutrijenata i njihovih nedostataka. Mozak prima, pohranjuje i integrira senzorske informacije te inicira i nadzire motoričke reakcije. Ove funkcije odgovaraju mentalnim aktivnostima i čine temelj za čovjekovo ponašanje. Dakle, postoji izravna veza između prehrane, funkcije mozga i ponašanja.

Ključne riječi:

neurotransmiteri, prehrana, makronutijenti, mikronutrijenti, funkcija mozga

# Summary

## Food and mental possibilities

Scientists are proving that what is in the foods we eat can affect the chemical composition of our brain and our mood. Nutrition can affect our cognitive possibilities, including our alertness and our ability to alter the production or release of neurotransmitters, the chemical messengers that carry information from one nerve cell to another. Foods are made up of more than one nutrient, and how these different nutrients interact will affect the production and release of neurotransmitters. The consumption of nutrients (biologically active chemicals), in the form of foods, affects body chemistry which, in turn, affects brain chemistry and function. Neural impulses are largely the result of sodium and potassium exchange, but numerous other such as minerals (iron, selenium and zinc), complex carbohydrates, amino acids (tryptophan and tyrosine), fatty acids, particularly omega - 3 fatty acids, proteins, vitamins, notably vitamins B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, and folic acid, and combination of vitamins A, C, D and E and antioxidants such as quercetin, affect cell membrane permeability, neurotransmitter metabolism and the glial cells that provide structural and nutritional support to neurons. The delicate chemical balance of the brain is somewhat protected by the blood – brain barrier, which restricts entry of certain chemicals to the brain via the blood. Nevertheless, the brain is highly susceptible to changes in body chemistry resulting from nutrient intake and deficiency. The brain receives, stores and integrates sensory information and initiates and controls motor responses. These functions correspond to mental activities and form the basis for behaviour. Thus, theoretically, there is a direct connection between nutrition, brain function and behaviour.

Key words:

neurotransmitters, nutrition, macronutrients, micronutrients, brain function

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. Uvod .....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>2. Kemija mozga.....</b>   | <b>2</b>  |
| 2.1. Građa živčane stanice.....   | 2         |
| 2.2. Priroda živčanog impulsa .....   | 3         |
| 2.3. Neurotransmiteri .....   | 6         |
| <b>3. Hrana i neurotransmiteri .....</b>                                    | <b>9</b>  |
| <b>4. Prehrana i funkcija mozga.....</b>                                    | <b>11</b> |
| 4.1. Ugljikohidrati i mozak.....  | 11        |
| 4.2. Masti i mozak.....   | 13        |
| 4.3. Aminokiseline za sintezu neurotransmitera .....                        | 16        |
| 4.4. Mikronutrijenti i funkcija mozga.....                                  | 17        |
| 4.4.1. Vitamini B kompleksa i mozak.....                                    | 17        |
| 4.4.2. Vitamini A, C, D i E i mozak.....                                    | 20        |
| 4.4.3. Minerali i mozak.....  | 21        |
| 4.4.4. Antioksidansi i mozak .....  | 23        |
| <b>5. Nutraceutici i mentalne sposobnosti.....</b>                          | <b>28</b> |
| 5.1. Fosfatidilserin .....  | 28        |
| 5.2. Taurin.....  | 28        |
| 5.3. Acetil – L – karnitin (ALCAR) .....                                    | 29        |
| <b>6. Hrana i raspoloženje .....</b>  | <b>30</b> |
| 6.1. Čokolada .....   | 30        |
| 6.2. Kofein.....  | 31        |
| <b>7. Dodatni čimbenici rizika za gubljenje mentalnih sposobnosti .....</b> | <b>32</b> |
| <b>8. Savjeti u prehrani i mentalna detoksikacija.....</b>                  | <b>33</b> |
| <b>9. Zaključak.....</b>  | <b>35</b> |
| <b>10. Literatura .....</b>   | <b>36</b> |

# 1. Uvod

Sve što doživimo i proživimo utječe na sinapse (spojeve neurona), a te promjene odgovorne su za pamćenje i ostale mentalne sposobnosti. Prema Thurstone-u (1938.) primarne mentalne sposobnosti su: verbalna fluentnost (rječitost), verbalno razumijevanje, vizualne i spacijalne (prostorne) sposobnosti, pamćenje, numerička sposobnost, perceptivna brzina uočavanja, induktivno zaključivanje (iz pojedinačnog k općem) te deduktivno zaključivanje (iz općeg k pojedinačnom). U praksi to znači: kada se dogodi nešto što ćemo pamtit, u mozgu dolazi do električnog signala koji izaziva kemijske i strukturne promjene neurona. Te promjene moguće su zahvaljujući nizu reakcija u kojima sudjeluju različite molekule, među kojima i molekule kalcija i nekih enzima i neurotrofina, a konačni cilj je aktiviranje sinapsi. Što je mozak zdraviji on proizvodi više neurotrofina, koji pojačavaju poveznice između neurona u dijelu mozga koji je zadužen za učenje i pamćenje. Znanstvenici su otkrili u koje dijelove mozga prema određena pamćenja: za deklarativno pamćenje ili pamćenje činjenica zadužen je korteks, dok su za proceduralno pamćenje zadušeni drugi dijelovi mozga, među njima i bazalni gangliji. Prehrana u prvim godinama života može imati značajnog utjecaja na razvoj – na sposobnost učenja, komuniciranja, analitičkog razmišljanja, uspješne socijalizacije i prilagodbe novim situacijama (Isaacs i Oates, 2008.). Kvalitetna prehrana i dobro zdravlje u bliskoj su povezanosti tijekom cijelog života, no ta je povezanost najizraženija u prvim godinama života. Nekvalitetna prehrana uzrokuje slabiji kognitivni razvoj, umanjuje pozornost i koncentraciju te smanjuje uspješnost u kasnijem životu. Pri rođenju, mozak dosegne 70% veličine i 25% mase odraslog mozga. U razdoblju koje slijedi, nastaju nove živčane stanice (neuroni) koji putuju na svoja konačna odredišta. Mozak je organ koji se tijekom života mijenja. On normalno čini pedeseti dio tjelesne mase čovjeka (prosječno teži između 1000 do 1500 grama), a u adolescenciji doseže definitivnu veličinu (Benton, 2008.).

## 2. Kemija mozga

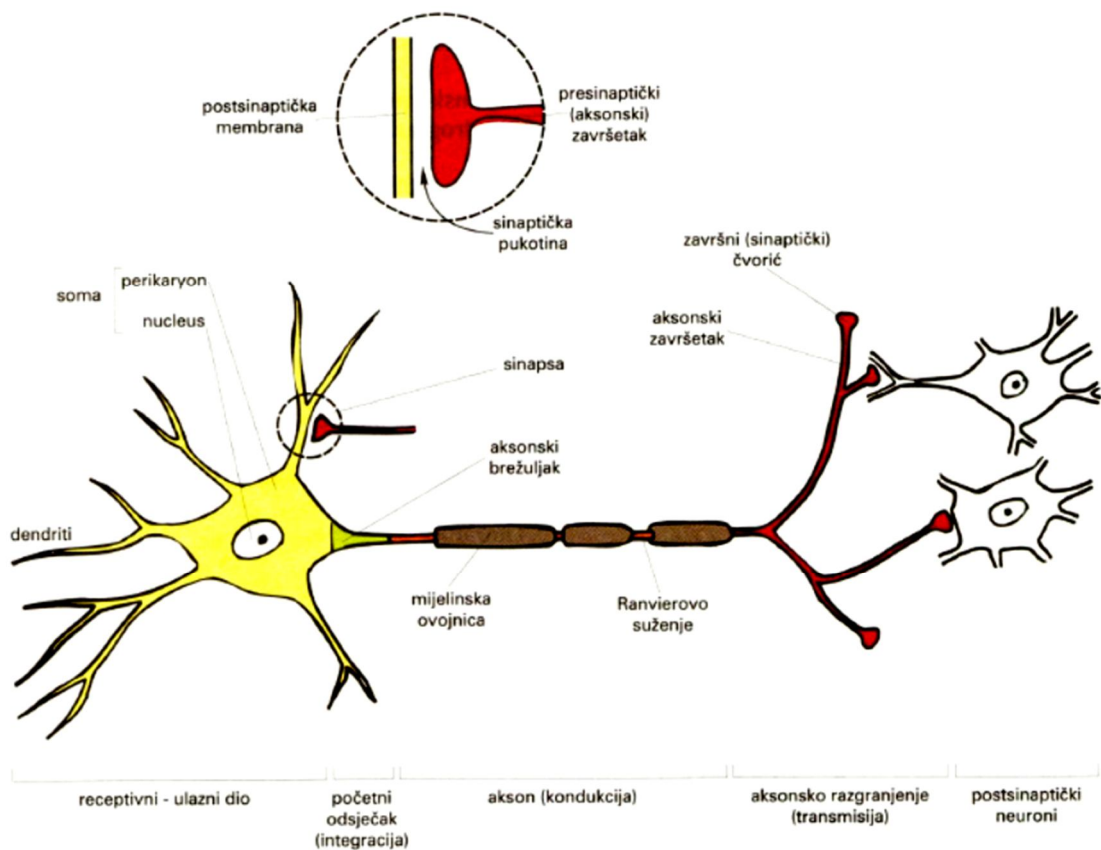
Živčani sustav mreža je specijaliziranih stanica koje šalju, prenose ili primaju informacije vezane za životinjski i ljudski organizam i njegovu okolinu. Obrađujući te informacije, živčani sustav potiče reakcije u drugim dijelovima tijela. Sastavljen je od dvije vrste stanica: neurona (koji predstavljaju funkcionalnu osnovu živčanog sustava) i glija stanica (koje pripomažu funkciji neurona) (Fox, 1991.). Živčani sustav, općenito, dijeli se na periferni i središnji živčani sustav. Neuroni stvaraju i prenose impulse između i unutar ta dva sustava. Periferni živčani sustav sastavljen je od senzornih neurona i neurona koji ih povezuju sa živčanom moždinom, kralježničnom moždinom te mozgom, koji tvore središnji živčani sustav (Judaš i Kostović, 1997.). Prilikom podražaja, senzorni neuroni šalju signale središnjem živčanom sustavu koji ih obrađuje i šalje povratne signale u mišiće i žlijezde. Neuroni u živčanim sustavima životinja i ljudi složeno su povezani te prenose impulse jedan do drugoga elektrokemijskim signalima i neurotransmiterima (Volpe, 1993.). Interakcija različitih neurona formira neutralne sklopove koji reguliraju način na koji organizam percipira svijet oko sebe i procese u svom tijelu, te na taj način i ponašanje, raspoloženje, memoriju i učenje.

### 2.1. Građa živčane stanice

Neuron je temeljna strukturno - funkcijska jedinica srednjeg živčanog sustava. Zadaća neurona je: stvaranje, vođenje, primanje te prijenos živčanih impulsa (Vilić, 2013.). Unutar ljudskog mozga, procjenjuje se, ima približno 100 milijuna živčanih stanica, od kojih svaka sa susjednom može napraviti i do 10 tisuća konekcija (Volpe, 1993.).

Četiri glavna morfološka dijela živčane stanice ili neurona su dendriti, soma, akson i presinaptički aksonski završetak (Judaš i Kostović, 1997.) (**Slika 1**). Soma predstavlja jezgru i okolnu citoplazmu (perikarpon), od nje polazi jedan akson i više dendrita (Vilić, 2013.). Dendriti (grčki, *dendron* – drvo) provode impulse prema jezgri stanice, dok akson, relativno dugačko i ravno vlakno, odvodi impulse od stanice (Volpe, 1993.). Aksoni su obloženi mijelinskom ovojnicom koju izgrađuju Schwannove stanice (Judaš i Kostović, 1997.; Volpe, 1993.). Presinaptički aksonski završetak sadrži nekoliko staničnih struktura i tvari koje su bitne za otpuštanje neurotransmitera, stoga i za vitalnu funkciju živčane stanice (Volpe, 1993.; Vilić, 2013.).



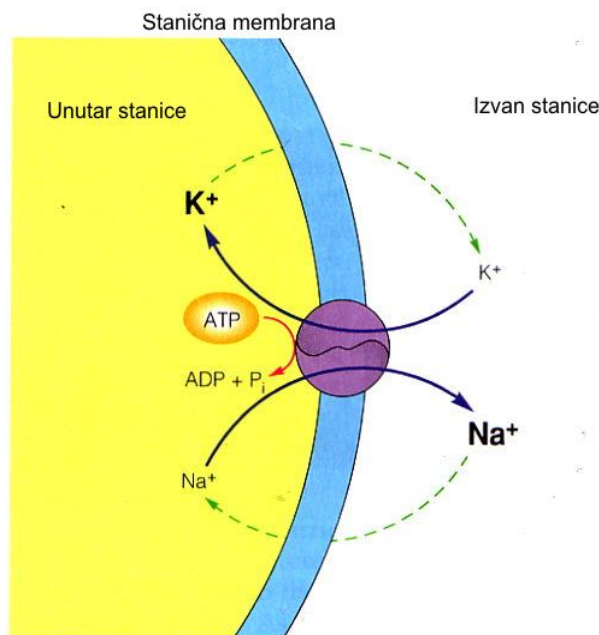


Slika 1. Struktura neurona (Judaš i Kostović, 1997.)

## 2.2. Priroda živčanog impulsa

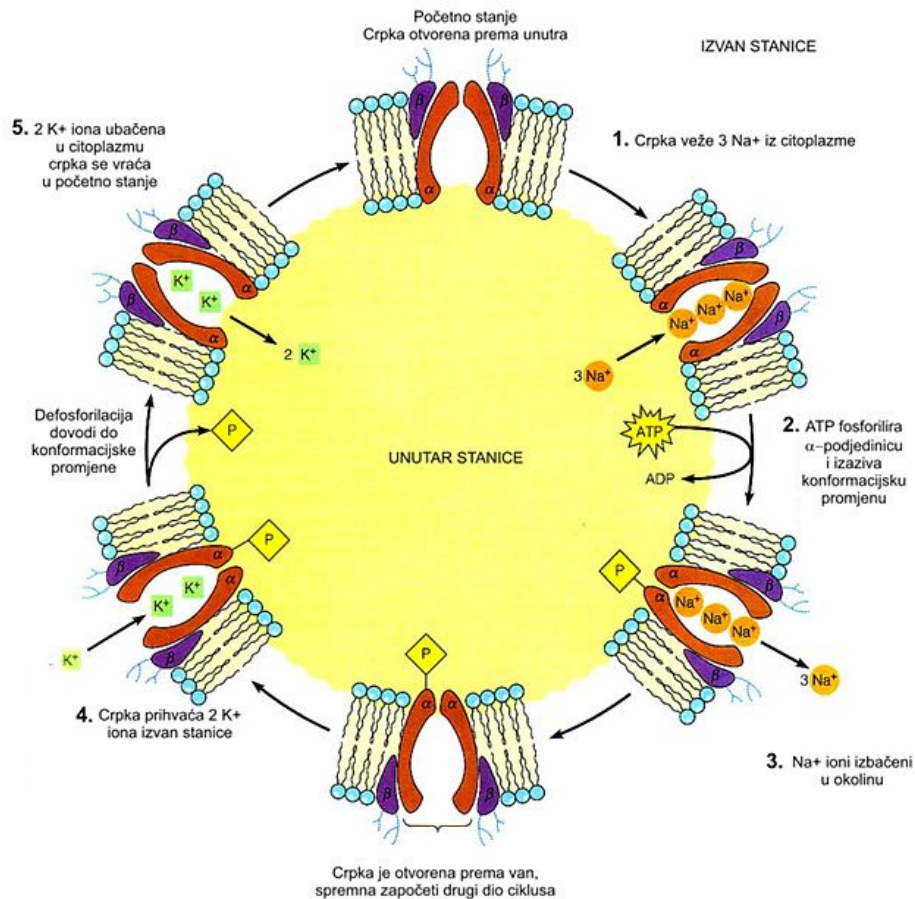
Oko membrane, tj. izvan stanice, više je pozitivnih, a manje negativnih iona, dok je u unutrašnjosti stanice više negativnih, a manje pozitivnih iona. U slučaju kalija, citoplazma sadrži puno veću koncentraciju kalija u odnosu na izvanstanični (ekstracelularni) prostor, što se naziva koncentracijskim gradijentom. Zbog navedenog i prema pravilu difuzije, kalij ima sklonost izlaziti iz stanice u izvanstanični prostor, ne bi li se izjednačila koncentracija između unutrašnjosti stanice i izvanstaničnog prostora. S obzirom da je kalij pozitivno nabijen ion, on nosi sa sobom pozitivan naboj i izvanstanični prostor njegovim izlaskom iz stanice postaje pozitivno nabijen, a citoplazma negativna, upravo zbog nepropusnosti membrane na anione i posljedično njihovog ostanka u njoj. Međutim, zbog odbijanja naboja, pozitivan naboj izvanstaničnog prostora započinje se suprotstavljati izlasku kalija izvan stanice, a sila odbijanja postaje sve jača povećanjem pozitivnosti izvanstaničnog prostora. U određenom trenutku sila odbijanja izlaska kalija postaje jednaka sili koja potiče izlazak kalija iz stanice (koncentracijski gradijent), čime se uspostavlja ravnoteža (Volpe, 1993.; Medić – Šarić i sur, 2000.).

Kalij je glavni pozitivno nabijeni ion (kation) unutar stanice, dok je natrij glavni kation izvan stanice. Naime, koncentracija kalija unutar stanice 30 puta veća je, nego koncentracija izvan stanice, dok je koncentracija natrija 10 puta manja unutar stanice, nego izvan nje. Razlika u koncentraciji kalija i natrija uzduž membrane tvori elektrokemijski gradijent koji se naziva membranskim potencijalom. Membranski potencijal održava se ionskim pumpama na staničnoj membrani, posebno natrij-kalij pumpom (**Slika 2**).



**Slika 2.** Natrij – kalij pumpa (Strelec, 2013.)

Natrij - kalij pumpa zapravo je enzim koji koristi energiju hidrolize ATP-a za prijenos natrija izvan stanice u zamjenu za kalij. Naziva se i elektrogeom crpkom, jer izbacuje više pozitivnih naboja izvan stanice, nego što ih prenosi unutar nje. Naime, za svaka tri natrijeva iona prenesena izvan stanice, dva kalijeva iona prenose se unutar stanice, stvarajući negativni naboj s unutarnje strane membrane (**Slika 3**). Dakle, kalij se aktivno unosi u stanicu, suprotno koncentracijskom gradijentu, a u stanju mirovanja membrana je polarizirana, tj. njena unutrašnjost je negativno nabijena. Potrebno je reći da je propusnost membrane u stanju mirovanja puno veća za kalij nego za natrij (Fox, 1991.; Gadsby, 2004.).

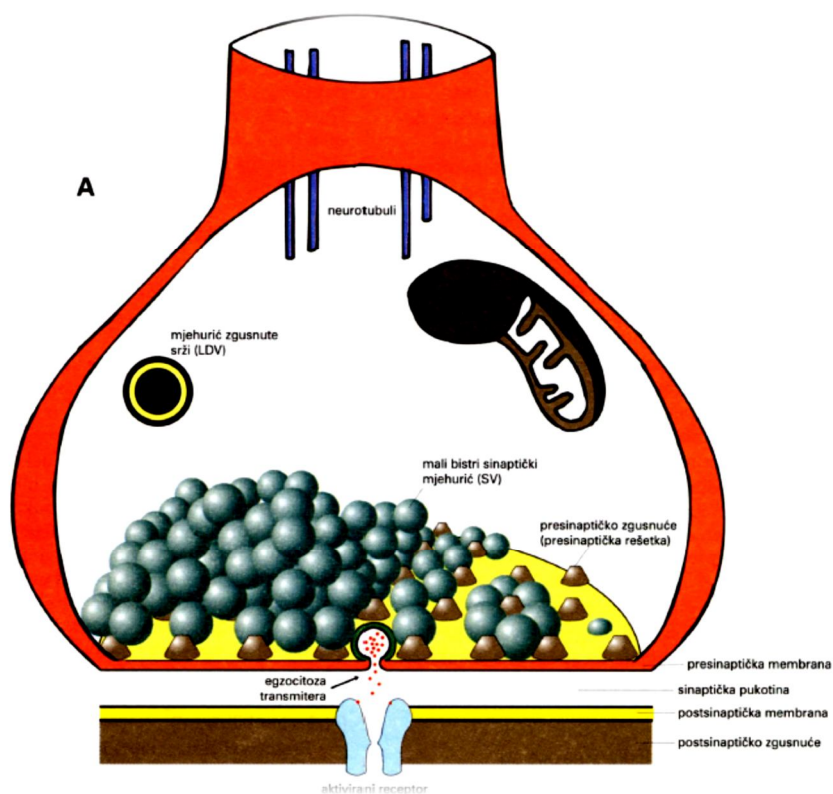


Slika 3. Princip rada natrij – kalij pumpe (Strelec, 2013.)

Depolarizacija membrane izaziva živčani impuls. Točnije, membrana postaje jako propusna za natrijeve ione, a pozitivan naboj u stanici uzrokuje zatvaranje natrijevih kanala. Tada se otvaraju kalijevi kanali i kalij izlazi iz stanice, čime se membrana vraća u stanje mirovanja, tj. stvara se normalan negativni membranski potencijal mirovanja, a navedeni se proces naziva repolarizacijom. Ionski kanali su zapravo proteinske pore koji se protežu kroz cijelu staničnu membranu i povezuju citoplazmu s izvanstaničnom tekućinom. Živčani signali se prenose upravo pomoću brzih promjena membranskog potencijala koje se šire uzduž membrane, tj. promjena između depolarizacije i polarizacije membrane naziva se akcijskim potencijalom, koji se širi živčanim vlaknom brzinom između 12 i 120 m s<sup>-1</sup>, ovisno o vrsti vlakna. Nakon svakog ciklusa depolarizacije i repolarizacije, u stanici ostaje više natrijevih iona koji su ušli tijekom depolarizacije, dok je izvan stanice više kalijevih iona koji su izašli tijekom repolarizacije. Potrebno je vratiti membranu u stanje mirovanja, a to se postiže natrij-kalij pumpom. Naime, natrij-kalij pumpa u membrani održava koncentracije ovih iona stalnima, a njena aktivnost jako je izražena prilikom porasta koncentracije natrija u stanici (Fox, 1991.; Gadsby, 2004.; Vilić, 2013.).

## 2.3. Neurotransmiteri

U sinapsi, vezi između jednog neurona s drugim, nalazi se prostor koji odvaja dvije živčane stanice. Zbog toga prostora transmisija preko sinapse mora se odvijati kemijskim putem (Fox, 1991.; Volpe, 1993.). Kemijsku tvar koju proizvodi živčana stanica, da bi je tijekom specifičnog procesa izbacila iz sebe u sinaptičku pukotinu, naziva se neurotransmiter. U sinaptičkoj pukotini neurotransmiter se spaja sa specifičnim primateljima na površini druge živčane stanice i izaziva njenu aktivnost (**Slika 4**). Danas poznajemo mnogo neurotransmitera, a devet najpoznatijih su acetilkolin, glutamat, GABA, glicin, serotonin, dopamin, noradrenalin, adrenalin i histamin. Svi se proizvode u našem organizmu iz tvari koje moramo unijeti hranom. Ako nam je prehrana siromašna nutrijentima koji su odgovorni za sintezu određenog neurotransmitera, onda će emocija i ponašanje koje taj neurotransmiter podržava biti slabijeg intenziteta (Gustafson 2008.;Krstinić, 2009.; Vilić, 2013.).



Slika 4. Struktura sinapse (Judaš i Kostović, 1997.)

U proizvodnji ili sintezi svih kemijskih spojeva u tijelu, pa tako i u sintezi neurotransmitera sudjeluju enzimi. Većina enzima koji ubrzavaju sintezu neurotransmitera nalazi se unutar živčane stanice, što znači da su citosolni. Prisutnost određenog enzima u neuronu, koji je

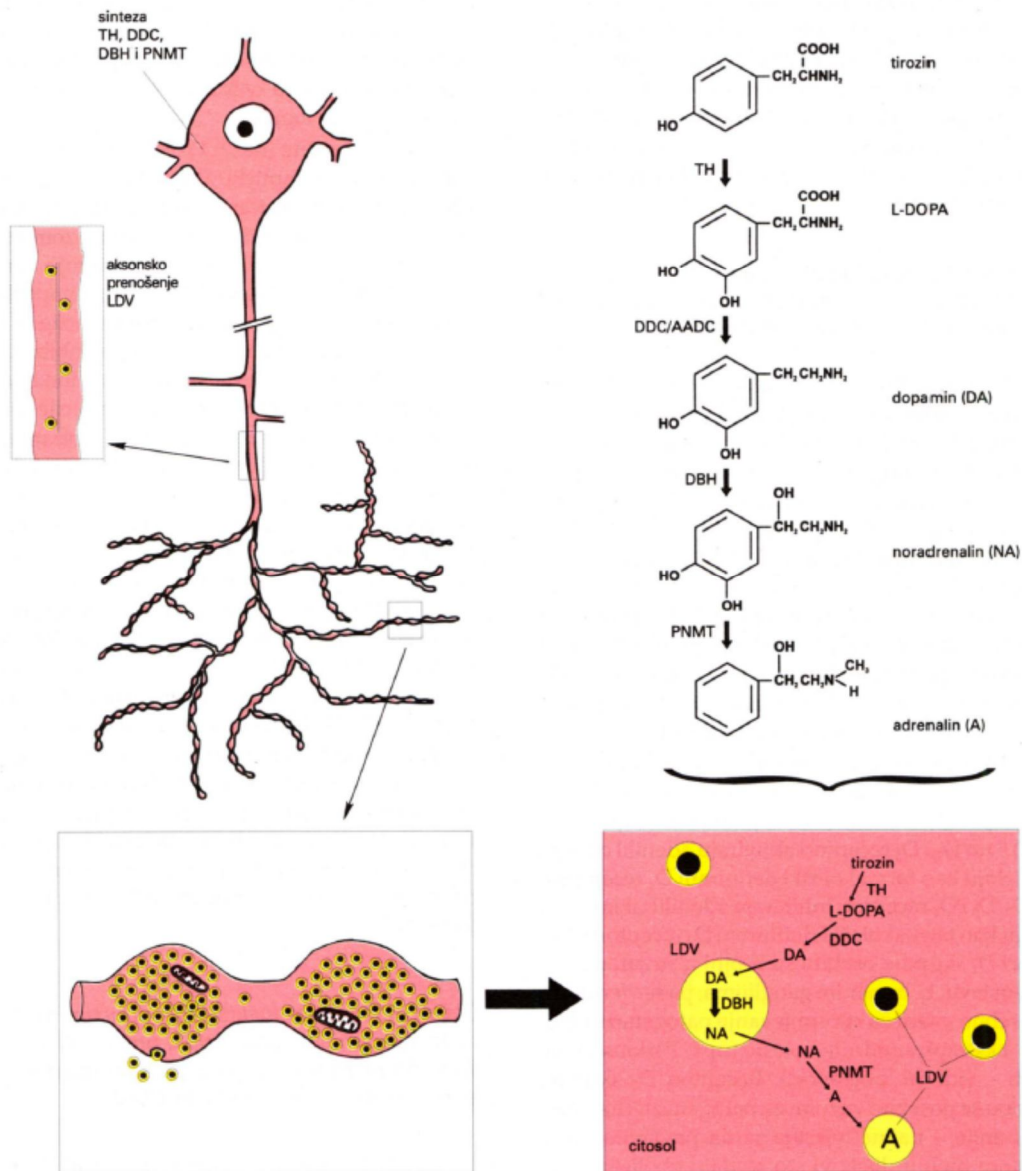
odgovoran za ubrzavanje sinteze određenog neurotransmitera, uvjetovat će karakter neurona u živčanom sustavu (Fox, 1991.; Volpe, 1993.; Krstinić, 2009.).

Aminokiselina glutamat važni je neurotransmiter u mozgu. Oslobađa se iz neurona u sinaptičku pukotinu te se spaja s drugom stanicom. Glutamat izaziva promjene na membrani druge stanice koja postaje propusna za ione natrija i kalcija. Ovi ioni dovode do električnih promjena naboja stanice i time do mijenjanja njezine aktivnosti. Ali nisu svi primatelji glutamata isti. Neki primatelji glutamata zahtjevat će da se prvo oslobodi ion magnezija u međuprostor i tek onda prihvatiti ione kalcija, koji će dovesti do specifičnih aktivnosti mozga (Judaš i Kostović, 1997.).

GABA ili gama-aminomaslačna kiselina je aminokiselina koja se sintetizira iz glutamata. Ona je inhibicijski neurotransmiter u mozgu dok u leđnoj moždini tu funkciju ima aminokiselina glicin. I GABA i glicin vežu se za istog primatelja ili receptora živčane stanice. Tu se također vežu i aminokiseline beta – alanin i taurin. One uzrokuju povećanu propusnost neurona za kalij što rezultira specifičnom aktivnosti stanica mozga. Na primjer, banana je namirnica bogata kalijem (Judaš i Kostović, 1997.; Krstinić, 2009.; Jin i sur., 2013.).

Ranije spomenuti acetikolin je neurotransmiter koji posreduje komunikaciju između mišićne i živčane stanice. On u perifernom živčanom sustavu ima važnu ulogu pri pokretima tijela, kod rada srca, te za održavanje krvnog tlaka, jer utječe na stezanje krvnih žila, omogućava znojenje, pokrete crijeva i urednu probavu utjecajem na želučane žlijezde. U mozgu, acetilkolin ima ulogu u procesima učenja i pamćenja (Fox, 1991.; Volpe, 1993.; Krstinić 2009.; Vilić, 2013.).

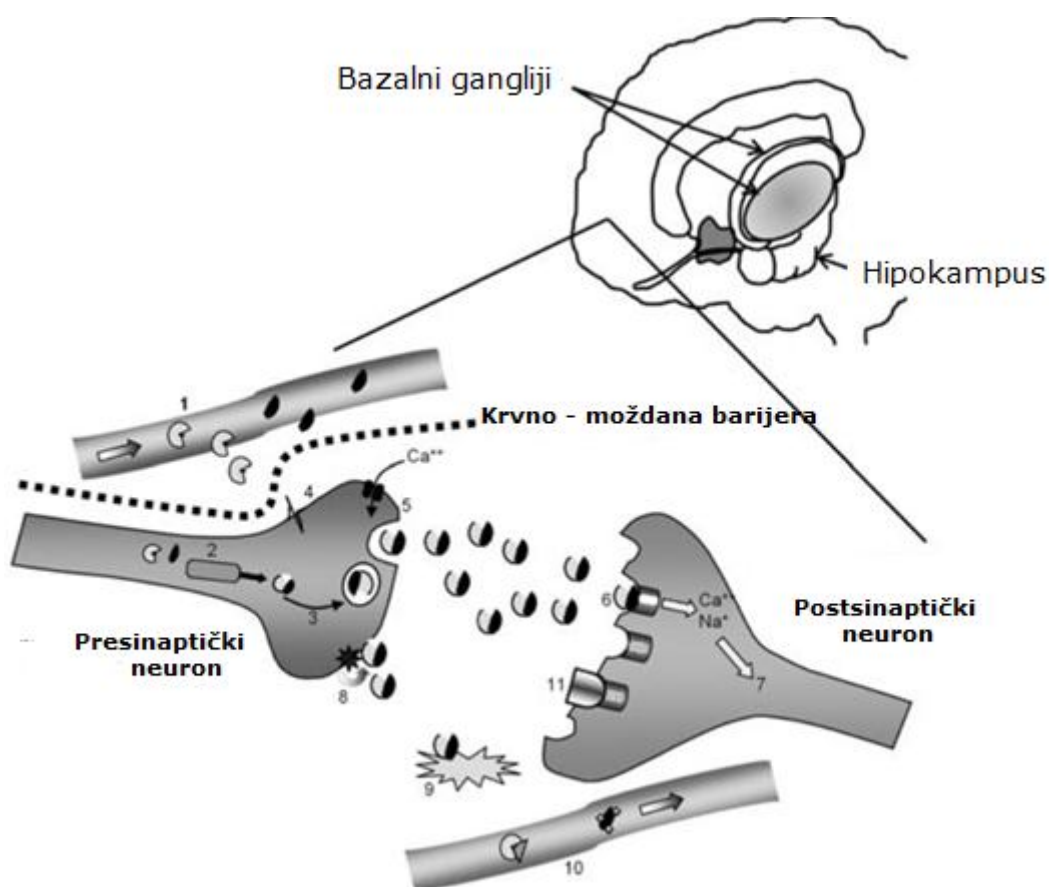
Serotonin nastaje iz aminokiseline triptofan, histamin iz aminokiseline histidin, a dopamin, noradrenalin i adrenalin iz aminokiseline tirozin (**Slika 5**). Sinteza serotonina posredovana je enzimom triptofan - hidrosilaza koji je pak pod utjecajem cinka. Zato bi namirnice bogate cinkom mogle biti od važnosti za nastajanje serotonina (Fox, 1991.; Volpe, 1993.; Judaš i Kostović, 1997.; Krstinić 2009.; Vilić, 2013.; Zarindast i sur., 2014.).



Slika 5. Biosintetski put kateholamina (Judaš i Kostović, 1997.)

### 3. Hrana i neurotransmiteri

Neurotransmiteri se proizvode u našem mozgu zbog utjecaja komponenti hrane u procesu od više koraka. Prvo, nutrijenti (označeni kao 1, **slika 6**), kao što su aminokiseline, ugljikohidrati, masti, proteini, ekstrahiraju se apsorbirani iz hrane te transportirani iz krvotoka, tj. arterijske krvi u mozak. Transportiraju se aktivno kroz krvno - moždanu barijeru (engleski, *blood - brain barrier*) do neurona.



**Slika 6.** Apsorpcija nutrijenata i njihov utjecaj na neurotransmitere (Wenk, 2010.)

Enzimi (2) prevode nutrijente u različite neurotransmitere. Neurotransmiteri se aktivno transportiraju u sinaptičke vezikule (3). Dolazak akcijskog potencijala (4) na kraj aksona inducira ulazak kalcijevih iona koji iniciraju otpuštanje neurotransmitera (5) u sinapsu. Molekula neurotransmitera na kratko stupa u interakciju ili se veže za protein, tj. receptor (6), na površini neurona s druge strane sinapse. Posljedica tog vezanja je da neki ioni, kao što su kalcijevi ili natrijevi, prelaze u donji dio neurona kako bi inducirali sekundarne biokemijske

procesu (7), što može imati dugoročne učinke na ponašanje neurona. U međuvremenu, nakon interakcije s receptorom, akcija neurotransmitera mora biti prekinuta pomoću reapsorpcije (8) tako što se neurotransmiter vraća u prethodni neuron iz kojeg je pušten. Još jedan način inaktivacije neurotransmitera je pomoću enzimske konformacije (9) u molekulu koja više ne može reagirati s mozgom. Kada je neurotransmiter enzimski inaktiviran, izlazi iz mozga u krvotok (10). Takvi biprodukti se mogu otkriti i pratiti u mnogim tjelesnim tekućinama i takva informacija može koristiti u slučaju ispitivanja funkcije mozga. Komponente hrane koje unosimo u organizam mogu reagirati u bilo kojem koraku ovog procesa i tako poboljšati ili čak onemogućiti produkciju neurotransmitera. Isto tako mogu se skladištiti u sinaptičkim vezikulama i mijenjati otpuštanje neurotransmitera iz neurona te modificirati njihove reakcije s receptorima (11), usporiti njihovu reapsorpciju i zaustaviti njihovu enzimsku inaktivaciju.

Kako se mozak sastoji, u najvećem postotku, od masti, tj. lipida, tendencija komponente hrane otapanju u lipidnoj ili vodenoj fazi mozga mnogo nam govori o tome kako određena tvar postiže svoju učinkovitost. Tvari jako topljive u masti ulaze u mozak brzo; također brzo i izlaze, što smanjuje vrijeme njihove aktivnosti. Neki poznati primjeri tvari topljivih u masti su vitamini A, D, E i K (Medić – Šarić i sur, 2000.; Wenk, 2010.). Nikotin i kofein prilično su topljivi u mastima i u mozak lako ulaze (Krstinić, 2009.).

Jednom kada je tvar ušla u mozak, u većini slučajeva se veže za receptore na površini neurona. Tvari koje se vežu za receptore i uzrokuju reakciju neurona se nazivaju agonisti, dok se tvari koje sprječavaju reakciju neurotransmitera ili agonista nazivaju antagonisti (Judaš i Kostović, 1997.; Wenk, 2010.; Vilić, 2013.) Ili drukčije rečeno, agonisti stimuliraju odgovor neurona, a antagonisti uobičajeno sprječavaju ili smanjuju odgovor neurona.



## 4. Prehrana i funkcija mozga

Mozgu su potrebne: masnoće (nezasićene masne kiseline, posebno omega-3), bjelančevine (aminokiseline), šećeri (po mogućnosti složeni ugljikohidrati) te antioksidativni vitamini i minerali.

### 4.1. Ugljikohidrati i mozak

Mozak treba dva puta više energije nego ostale stanice u našem tijelu, a kao izvor energije koristi glukozu (Coimbra, 2013.). Može se reći da je glukoza primarno gorivo koje mozak koristi kako bi radio. Neuronu su uvijek u stanju metaboličke aktivnosti i u stalnoj su potražnji za energijom, čak i kada spavamo. Najviše energije potrebno je bioelektričnim signalima odgovornima za komunikaciju neurona, oni troše pola energije potrebite mozgu, što predstavlja 10% od ukupne energije koju treba naše tijelo (Coimbra, 2013.). Zbog toga što neuroni nisu u mogućnosti skladištiti glukozu, naš mozak je u stalnoj ovisnosti o krvotoku i njegovoj opskrbljenosti glukozom. Različiti šećeri imaju različit utjecaj na mozak. Dok glukoza ima utjecaj na regije mozga, inzulu i ventralni striatum, koje kontroliraju apetit, motivaciju i procesiranje nagrade, fruktoza to nema (Page i sur., 2013.; Purnell i Fair, 2013.). Osim što je važno unositi glukozu u organizam, važno je i iz koje hrane se krvotok opskrbljuje glukozom.

Glikemijski indeks (GI) sustav je rangiranja hrane prema njenom utjecaju na razinu glukoze u krvi, pa tako GI ukazuje hoće li određena hrana podići razinu šećera dramatično, umjereno ili lagano. Namirnice koje imaju glikemijski indeks u rasponu 1 - 50 pripadaju u nisku GI hranu, one koje imaju GI od 50 - 75 pripadaju u umjerenu GI skupinu, dok one koje imaju od 75 - 100 pripadaju u hranu visokog glikemijskog indeksa (**Tablica 1.**) (Montignac, 2009.; 2013.).

Proizvodi označeni \* imaju visoki glikemijski indeks iako sadrže jako malo šećera (oko 5 %), pa GI pomaže u planiranju pravilne prehrane, ali ne predstavlja apsolutnu sigurnost.

Konsumiranje označene hrane ne bi trebalo utjecati na razinu šećera u krvi.

Nema razlike između punomasnog i obranog mlijeka(\*\*). Važno je zapamtiti da mliječni proizvodi, iako imaju niski glikemijski indeks, imaju visoki inzulinski indeks.

Tablica 1. GI nekih namirnica (Montignac, 2013.)

| <i>Hrana s visokim glikemijskim indeksom</i> |                    | <i>Hrana sa srednjim glikemijskim indeksom</i> |                    | <i>Hrana s niskim glikemijskim indeksom</i>    |                    |
|--|--------------------|--|--------------------|--|--------------------|
| Hrana  | Glikemijski indeks | Hrana  | Glikemijski indeks | Hrana  | Glikemijski indeks |
| Kukuruzni sirup                              | 115                | Sve vrste mekinja                              | 50                 | Jabuka (svježa)                                | 35                 |
| Pivo*  | 110                | Sok od jabuke (nezaslađeni)                    | 50                 | Crni grah                                      | 35                 |
| Glukoza                                      | 100                | Keksi (od cjelovitog brašna, bez šećera)       | 50                 | Sušene rajčice                                 | 35                 |
| Glukozni sirup                               | 100                | Smeđa riža, nepoliran riža                     | 50                 | Kruh od žitarica                               | 35                 |
| Modificirani škrob                           | 100                | Mango (svježi)                                 | 50                 | Smokve (svježe)                                | 35                 |
| Pečeni krumpiri                              | 95                 | Muesli (bez šećera)                            | 50                 | Grašak (svježi)                                | 35                 |
| Kuhani krumpiri u pećnici                    | 95                 | Banana (nezrela)                               | 45                 | Jogurt**                                       | 35                 |
| Bijeli kruh bez glutena                      | 90                 | Ječam, cjelovito zрно                          | 45                 | Marelica (svježa)                              | 30                 |
| Kukuruzne pahuljice                          | 85                 | Brusnica                                       | 45                 | Cikla (sirova)                                 | 30                 |
| Hamburger pecivo                             | 85                 | Grožđe (svježe)                                | 45                 | Mrkva (sirova)                                 | 30                 |
| Med  | 85                 | Grašak (limenka)                               | 45                 | Češnjak  | 30                 |
| Bijelo pšenično brašno                       | 85                 | Raž (integralno brašno, kruh)                  | 45                 | Mlijeko** (obrano ili ne)                      | 30                 |
| Pire krumpir                                 | 80                 | Tost integralni kruh                           | 45                 | Kruške (svježe)                                | 30                 |
| Krafne                                       | 75                 | Sok od rajčice (sa šećerom)                    | 45                 | Mlijeko u prahu**                              | 30                 |
| Tikva*                                       | 75                 | Spageti al dente (5 min. kuhanja)              | 40                 | Rajčice  | 30                 |
| Lubenica*                                    | 75                 | Kruh, 100% integralni s pravim kvascem         | 40                 | Kupina, dud                                    | 25                 |
| Pecivo                                       | 70                 | Jabukovo vino                                  | 40                 | Borovnica                                      | 25                 |
| Bijeli kruh Baguette                         | 70                 | Heljda, kaša, saracen (integralni kruh/brašno) | 40                 | Trešnje  | 25                 |
| Čips od krumpira                             | 70                 | Sok od mrkve (nezaslađeni)                     | 40                 | Crna čokolada (>70% kakao)                     | 25                 |
| Rižoto                                       | 70                 | Suhe šljive                                    | 40                 | Ogrozd   | 25                 |
| Dvopek                                       | 70                 | Laktoza  | 40                 | Malina (svježa)                                | 25                 |
| Bijeli šećer (saharoza)                      | 70                 | Zob  | 40                 | Crveni ribiz                                   | 25                 |
| Cjeloviti smeđi šećer                        | 70                 | Kikiriki maslac (bez šećera)                   | 40                 | Jagode (svježe)                                | 25                 |
| Muesli (sa šećerom ili medom)                | 65                 | Dunja (kuhana/žele, bez šećera)                | 40                 | Artičoke                                       | 20                 |
| Raženi kruh (s 30% raži)                     | 65                 | Quinoa brašno                                  | 40                 | Čokolada (>85% kakao)                          | 20                 |
| Kruh od cjelovitog zrna                      | 65                 | Kolači (integralno brašno, bez šećera)         | 40                 | Patlidžan                                      | 20                 |
| Banana (zrela)                               | 60                 | Sorbet (nezaslađen)                            | 40                 | Prava fruktoza                                 | 20                 |
| Sladoled (obični sa šećerom)                 | 60                 |  |                    | Bademi   | 15                 |
| Lasagne (tvrdo pšenično brašno)              | 60                 |  |                    | Asparagus (šparoge)                            | 15                 |
| Riža dugo zрно                               | 60                 |  |                    | Crni ribiz                                     | 15                 |
| Majoneza (industrijska slatka)               | 60                 |  |                    | Zrna (zob, pšenica...)                         | 15                 |
| Dinja*                                       | 60                 |  |                    | Brokula  | 15                 |
| Pizza  | 60                 |  |                    | Kupus  | 5                  |
| Ketchup                                      | 55                 |  |                    | Chili papar                                    | 15                 |
| Sok od manga (nezaslađeni)                   | 55                 |  |                    | Tikvice  | 15                 |
| Nutella                                      | 55                 |  |                    | Krastavci                                      | 15                 |
| Špageti (jako kuhani)                        | 55                 |  |                    | Đumbir   | 15                 |
| Sushi  | 55                 |  |                    | Gljive   | 15                 |
|  |                    |  |                    | Masline  | 15                 |
|  |                    |  |                    | Luk  | 15                 |
|  |                    |  |                    | Kikiriki                                       | 15                 |
|  |                    |  |                    | Zelena salata                                  | 15                 |
|  |                    |  |                    | Kiseli kupus                                   | 15                 |
|  |                    |  |                    | Špinat   | 15                 |
|  |                    |  |                    | Orasi  | 15                 |
|  |                    |  |                    | Avokado  | 10                 |
|  |                    |  |                    | Rakovi, ljuskavci                              | 5                  |
|  |                    |  |                    | Začini: peršin, origano, cimet, vanilija, itd. | 5                  |
|  |                    |  |                    | Ocat   | 5                  |

Treba ograničiti unos hrane od bijelog brašna i bijelog šećera. Ova hrana uključuje svu procesiranu hranu koja je bogata navedenim sastojcima. Krumpir također ima visoku GI vrijednost (Ek i sur.,2012.). Najbolje je odabrati hranu bogatu prehrambenim vlaknima. Hrana bogata prehrambenim vlaknima probavlja se dulje, te stoga uzrokuje manji porast razine glukoze u krvi. Cjelovita neprocesuirana hrana, posebice žitarice, koja sadrži prirodno prisutnu količinu prehrambenih vlakana, sporije prolazi kroz probavni sustav. Osjećaj sitosti traje dulje nakon konzumacije ovakve hrane. Hrana bogata vlaknima su cjelovite žitarice, povrće, mahunarke, orašasti plodovi, sjemenke, voće. Prehrana bogata vlaknima, osim što pomaže u prevenciji od dijabetesa tipa 2 i kardiovaskularnih bolesti, vjerojatno pomaže i u poboljšanju memorije i pamćenja (Kendall i sur., 2010.; Kaczmarczyk i sur., 2012.). Hrana bogata proteinima obično ima nizak GI. Riba, nemasno meso, mliječni proizvodi, mahunarke odličan su odabir hrane s niskim GI. Masti ne povisuju značajno razinu glukoze u krvi, ali prednost treba dati kvalitetnim masnoćama, poput ulja lanenog sjemena, maslinovog i bućinog ulja, te orašastih plodova; o tome više u poglavlju masti i mozak (Gogus i Smith, 2010.).

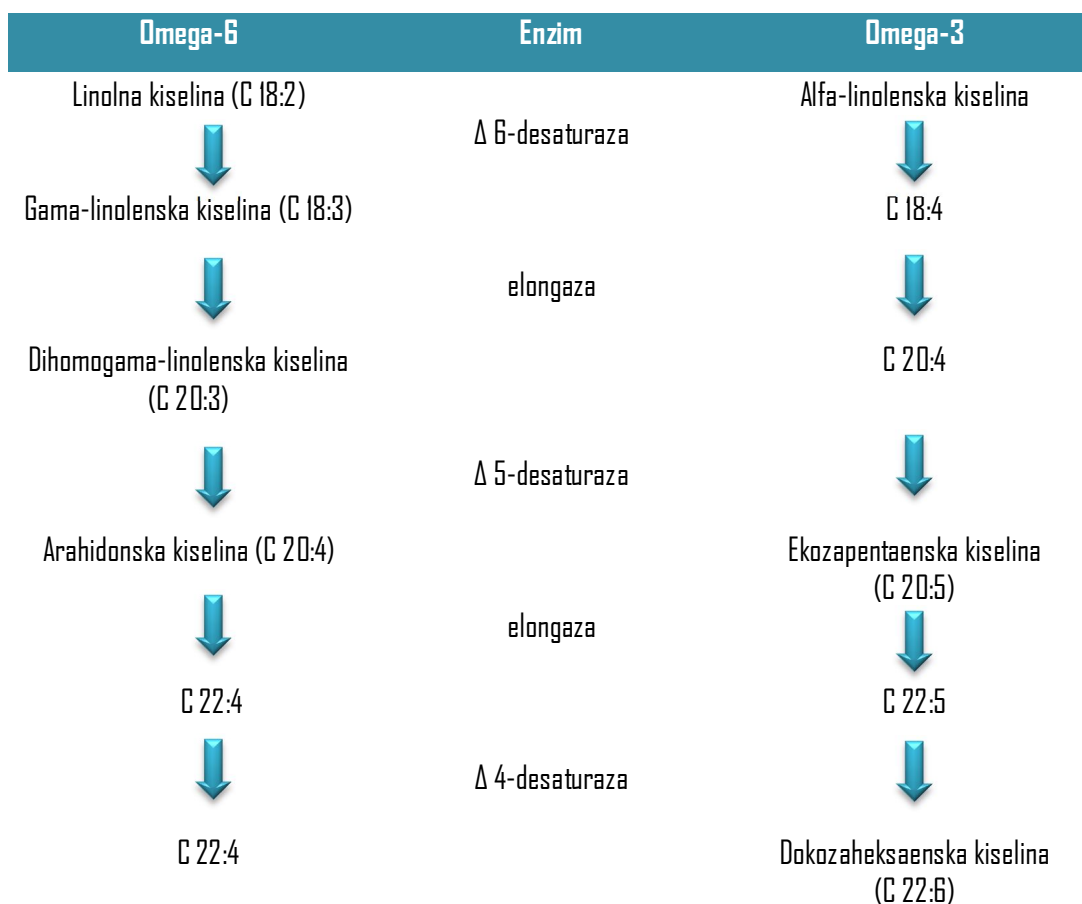
Glikemijski odgovor ovisi o kombinaciji hrane koja se konzumira. Složen, raznolik obrok koji sadrži kompleksne ugljikohidrate, proteine i adekvatne vrste masnoća, te bogatstvo prehrambenih vlakana, pružit će umjeren glikemijski indeks te će mozak duže vrijeme opskrbljivati glukozom. Kombiniranje hrane s visokim glikemijskim indeksom i one s niskim GI uravnotežuje odgovor organizma (Jenkins i sur., 2013.).

## 4.2. Masti i mozak

Masne kiseline nalaze se u membranama svih stanica našeg organizma, a kod fetusa čine 60 posto ukupne suhe tvari moždane mase, od čega su polovica omega-6 masne kiseline, a drugu polovicu čine omega-3 masne kiseline (Gogus i Smith, 2010.; Antunović, 2011.). Masne kiseline izgrađuju membrane naših stanica, štite zdravlje srca i krvnih žila, sudjeluju u razvoju i rastu mozga i vida, utječu na kognitivne sposobnosti (pažnja, mišljenje, pamćenje, učenje), vokabular (bogatstvo našeg rječnika) i inteligenciju (Gogus i Smith, 2010.; Isaacs i Oates, 2008.).

Esencijalne masne kiseline su kiseline koje naš organizam ne može sam sintetizirati, nego ih moramo unositi prehranom. Dvije su esencijalne masne kiseline, obje polinezasićene masne kiseline: linolna kiselina (LA) koja je prekursor omega-6 masnim kiselinama i alfa-linolenska (ALA) koja je prekursor omega-3 masnim kiselinama. Naš organizam iz linolne kiseline sintetizira arahidonsku kiselinu (AA), a iz alfa-linolenske eikozapentaensku (EPA) i dokozaheksaensku (DHA) kiselinu (**Tablica 2.**) (Davis i Etherton, 2003.).

**Tablica 2.** Metabolizam esencijalnih masnih kiselina (Bender, 2013.)



Dugolančane omega-3 i omega-6 masne kiseline natječu se za iste enzime ciklooksigenaza i lipooksigenaza, zbog čega je za ishod ovih metaboličkih putova ključan čimbenik omjer omega-3 i omega-6 masnih kiselina u prehrani. Smatra se da taj omjer ne bi trebao biti veći od 5:1 u korist omega-6, a poznato je da u suvremenoj prehrani "zapadnjački" orijentiranih kultura taj omjer doseže i 12:1. O važnosti tog omjera govori podatak da metabolizmom omega-6 masnih kiselina nastaju snažni upalni i proagregacijski eikozanoidi, dok omega-3 masne kiseline imaju upravo suprotno, protuupalno djelovanje (Kidd, 2007.; Gogus i Smith, 2010.; Bender 2013.).

Omega-3 masne kiseline važne su i za razvoj dojenčadi. Tijekom trećeg tromjesečja trudnoće, približno 50-60 mg DHA na dan prenosi se kroz posteljicu iz majčinih zaliha do fetusa. DHA je posebno visokokonzentriran u mozgu, te se stoga smatra da ima kritičnu ulogu u razvoju kognitivnih funkcija. Primijećena je pozitivna korelacija između sadržaja DHA u crvenim krvnim stanicama i oštine vida, kao i drugih indeksa razvoja mozga u dojenčadi. Smjernice za prehranu trudnica stoga preporučuju dodatani unos omega-3 masnih kiselina, a najčešće se

kao preporučena doza navodi 250 mg EPA+DHA (Bender, 2013.; MZSS, 2013.). Esencijalne masne kiseline potrebne su za normalan rast i razvoj djeteta, ova zdravstvena tvrdnja je također odobrena od Europske agencije za sigurnost hrane (EFSA). Dokazano je povoljno djelovanje uzimanjem 1% od ukupne energije linolne kiseline i 0,2 %  $\alpha$  - linolenske kiseline dnevno.

DHA esencijalna je za rast i funkcionalni razvoj mozga novorođenčadi, potrebna je i za održavanje normalne funkcije mozga odraslih. Unos DHA tijekom trudnoće i dojenja, najmanje 200 mg DHA dnevno, pridonosi normalnom razvoju mozga fetusa i dojenčadi (MZSS, 2011.). Smanjenje razine DHA u mozgu povezano je sa slabljenjem kognitivnih funkcija zbog starenja, kao i s početkom razvoja Alzheimerove bolesti. S druge strane, povišen unos DHA prehranom može rezultirati poboljšanjem sposobnosti učenja s obzirom na to da je manjak esencijalnih masnih kiselina povezan s teškoćama u učenju (Cunnane i sur., 2009.; Yurko-Mauro i sur., 2010.).

Zanimljive rezultate iznosi studija objavljena u časopisu *Neuroscience Letters*. U studiji je sudjelovalo 55 zdravih odraslih ispitanika koji su dva puta ispunili 24-satne dnevnik unosa hrane. S obzirom na unos EPA i DHA, ispitanici su podijeljeni u tri skupine: nizak unos (0-20 mg/dan; 16 ispitanika), srednji unos (25-70 mg/dan; 21 ispitanik) i visok unos EPA i DHA (80-1600 mg/dan; 18 ispitanika). Magnetska rezonanca glave ispitanika otkrila je pozitivnu vezu između povećana unosa tih dviju masnih kiselina i volumena sive tvari u području anteriornoga cingularnog korteksa, desnog hipokampusa i desne amigdale. Budući da su navedena područja odgovorna za raspoloženje, znanstvenici smatraju da povećan unos EPA i DHA ima pozitivan učinak na raspoloženje, ali i pamćenje (Conklin i sur., 2007.).

Glavni prehrambeni izvori omega-3 masnih kiselina su plava riba (sardina, skuša, tuna, inćuni), riba iz hladnih mora (haringa, losos), alge, zooplankton i plodovi mora te sjemenke i orašasti plodovi. Dodaci prehrani koji sadrže pročišćeno i koncentrirano riblje ulje također su vrijedan izvor omega-3 masnih kiselina u prehrani modernog čovjeka (Bradbury, 2011.).

Plava riba posebno je korisna za trudnice i fetus jer, kao što je već spomenuto, omega-3 masne kiseline pozitivno utječu na razvoj djetetova mozga. Trudnicama se preporučuje da jedu plavu ribu svaki tjedan. Prilikom izbora konzervirane tune vrlo je bitno izabrati light tunu, jer sadrži manje žive nego bijela tuna. Živa može imati štetne posljedice na živčani sustav fetusa i male djece, a veće i duže živuće ribe sadrže i veće koncentracije. Plavorepa tuna također sadrži visoke koncentracije žive. Kod žutorepe tune udio žive značajno varira ovisno o veličini i starosti ulovljene ribe te iz tog razloga se žutorepa tuna svrstava između light i bijele tune (WHO, 2007.; 2010.; Sović, 2013.).

Udjeli omega-3 masnih kiselina DHA i EPA varira od vrste do vrste ribe (**Tablica 3.**).

**Tablica 3.** Usporedba nutritivne vrijednosti nekih vrsta plave ribe u 100 g namirnice (Sović, 2013.)

| Usporedba nutritivne vrijednosti nekih vrsta plave ribe u 100 g namirnice: |                |                |                |                |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Nutrijent  | Srdela         | Tuna           | Skušša         | Inćun          |
| Energija   | 135 kcal       | 242 kcal       | 193 kcal       | 131 kcal       |
| Proteini   | 18,4 g         | 21,5 g         | 18,7 g         | 20,4 g         |
| Masti  | 5,18 g         | 15,5 g         | 11,9 g         | 4,8 g          |
| Omega-3  | <b>1480 mg</b> | <b>2280 mg</b> | <b>2670 mg</b> | <b>1478 mg</b> |
| Vitamin B <sub>12</sub>  | 0,14 mg        | 4,25 mg        | 9 mg           | 0,6 µg         |
| Vitamin B <sub>6</sub>   | 0,96 mg        | 0,46 mg        | 0,63 mg        | 0,1 mg         |
| Tiamin (B <sub>1</sub> )   | 0,002 mg       | 0,16 mg        | 0,13 mg        | 0,1 mg         |
| Niacin (B <sub>3</sub> )   | 9,7 mg         | 8,5 mg         | 7,5 mg         | 14 mg          |
| Fosfor   | 238 mg         | 200 mg         | 244 mg         | 174 mg         |
| Selen  | 83 µg          | 130 µg         | 35 µg          | 36,5 µg        |

### 4.3. Aminokiseline za sintezu neurotransmitera

Kao što je ranije spomenuto, postoji 9 najpoznatijih neurotransmitera: acetilkolin, glutamat, GABA, glicin, serotonin, dopamin, noradrenalin, adrenalin i histamin koje proizvodi naš mozak direktno iz komponenti hrane koju unosimo u organizam (Gustafson, 2008.; Krstinić, 2009.; Vilić, 2013.). Aktivnost i razina ovih neurotransmitera ovisna je o unosu hrane i promjene prehrambenih navika mogu znatno utjecati na ponašanje, spavanje i razinu energije (Sommer, 1995.).

Serotonin nastaje iz aminokiseline triptofan, koju možemo naći u hrani bogatoj proteinima, kao što je piletina, mliječni proizvodi, jaja i leguminoze. U sintezi sudjeluju i vitamin B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub> i folna kiselina, o kojima će detaljnije biti govora dalje u tekstu. Ironično, konzumacijom hrane bogate proteinima razina triptofana i serotonina u mozgu smanjuje se, dok konzumacija hrane bogate ugljikohidratima ima obrnut učinak. Nakon konzumacije hrane bogate proteinima, triptofan se natječe s ostalim aminokiselinama kako bi prošao krvno-moždanu barijeru, što rezultira nižim porastom serotonina u mozgu. Kada konzumiramo hranu bogatu ugljikohidratima, otpušta se inzulin što uzrokuje da se većina aminokiselina apsorbira u krvotoku, osim triptofana koji onda ima izravan pristup mozgu, što rezultira povećanom razinom serotonina u mozgu. Visoka razina serotonina povećava osjećaj smirenosti, poboljšava spavanje, povećava prag tolerancije boli i reducira žudnju za hranom (Sommer, 1995.; Parker i Brotchie, 2011.; Fernstrom 2013.).

Dopamin i noradrenalin sintetiziraju se iz aminokiseline tirozin, uz pomoć folne kiseline, magnezija i vitamina B<sub>12</sub>. Obrnuto od triptofana, razina tirozina raste nakon konzumacije bjelančevinaste hrane. To rezultira porastom dopamina i noradrenalina što utječe na

povećanje budnosti i mentalnu energiju (Sommer, 1995.; Daubner i sur., 2011.; Parker i Brotchie, 2011.; Fernstrom, 2013.).

Acetilkinolin se sintetizira iz kolina i za razliku od aminokiselina koje se moraju natjecati za ulazak u mozak, kolina to ne mora. Najbolji izvor kolina je žumanjak jajeta. Acetilkinolin je važan za memoriju i opću mentalnu sposobnost. Snižena razina acetilkolina, karakteristična za stariju dob, rezultira gubitkom memorije i smanjenom kognitivnom funkcijom. Moždane stanice umiru bez kolina, čovjek ne može jasno razmišljati, psihički je umoran i depresivan te zaboravljiv (Sommer, 1995.; Holmes i sur., 2002.; McCann i sur., 2006.).

#### **4.4. Mikronutrijenti i funkcija mozga**

Vitamini i minerali iz hrane potpora su brojnim unutarstaničnim procesima važnima za dobru moždanu funkciju. Poznato je da natrij, kalij i kalcij sudjeluju u procesu mišljenja. Poznato je da dostatan unos magnezija, mangana i vitamina skupine B omogućuje pravilnu opskrbu stanica energijom. Vitamini A, C i E djeluju antioksidativno, što znači da popravljaju moguća stanična oštećenja, a važni su i za pamćenje (Ferry i Roussel, 2011.).

##### **4.4.1. Vitamini B kompleksa i mozak**

Svi vitamini B grupe jesu tvari topljive u vodi. Nama poznati B-kompleks obuhvaća sljedeće vitamine: vitamin B<sub>1</sub> – tiamin, vitamin B<sub>2</sub> – riboflavin, vitamin B<sub>3</sub> – niacin, vitamin B<sub>5</sub> – pantotenska kiselina, vitamin B<sub>6</sub> – piridoksin, vitamin B<sub>12</sub> – cianokobalamin, biotin i folna kiselina (soli folati). Grupiranje ovih, kemijski različitih spojeva u zajedničku skupinu B-kompleks, učinjeno je zbog toga što se često nalaze zajedno u mnogim namirnicama i zajedničkim djelovanjem utječu na očuvanje i poboljšanje metabolizma, imunološkoga odgovora i rad živčanoga sustava (Knežević, 2007.). Zajedničkim djelovanjem vitamini B skupine mogu pozitivno utjecati na smanjenje stresa, potištenosti, bolesti srca i krvnih žila (Shils i sur., 1994; Garrow, 2000.). Imaju veoma važnu ulogu u osiguranju energetskih tjelesnih potreba, jer izravno sudjeluju u metaboličkoj razgradnji ugljikohidrata do glukoze, koja je „gorivo“ za mozak. Nužni su za metabolizam masti i bjelancevina. Potrebni su za pravilno funkcioniranje živčanoga sustava, za sintezu neurotransmitera i dr. Namirnice koje su bogate vitaminima B skupine jesu: jetra i druge iznutrice, riba, perad, pivski kvasac, jaja, grašak, grah, riža i mliječni proizvodi. Budući da su svi vitamini B skupine topljivi u vodi, svaki se višak izlučuje mokraćom pa se svakodnevno moraju uzimati nove količine. Pomiješani sa

slinom, veoma se lako apsorbiraju iz hrane (Shils i sur., 1994; Belitz i sur., 2009.). Svi vitamini B skupine sastavni su dio pekarskoga kvasca, jetrica i integralnih žitarica. Pekarski kvasac je najbogatiji prehrambeni izvor ovih vitamina. Veoma je važno zapamtiti da svi vitamini B skupine moraju biti jednako zastupljeni u prehrani. Njihove su uloge u metabolizmu isprepletene i međusobno povezane, pa manjak ili prevelik unos jednoga od članova B-skupine utječe na rad drugih (Riordan i sur., 2012.).

Tiamin ima ulogu u metabolizmu ugljikohidrata do glukoze potrebne mozgu. Mozak treba oko 5 g glukoze/sat. Osim cijelog zrna i crnog kruha, tiamina ima u mahunarkama, svinjskom mesu i jetri. Zbog deficita tiamina, glukoza se u centralnom živčanom sustavu iskorištava tek oko 50%, pa zbog toga nastupa delirij. (Mandić, 2007.; Wills, 2007.).

Riboflavin je zaslužan za oslobađanje energije iz masti i bjelančevina. Izvori vitamina B<sub>2</sub> jesu: jetra, bubreg, riba, jaja, mlijeko, sir, kvasac i zeleno povrće (Garrow, 2000.; Wills, 2007.).

Nazivom niacin obuhvaćene su dvije supstance s vitaminskim djelovanjem: nikotinska kiselina i nikotinamid, koji je i aktivan oblik (Mandić, 2007.). Potvrđena je veza između triptofana u prehrani i niacina. U prehrani bogatijoj bjelančevinama bit će i više triptofana. Za pretvaranje triptofana u niacin trebaju vitamini B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> i B<sub>6</sub>. Smatra se da oko 60 mg triptofana u hrani ima isti učinak kao i 1 mg niacina. Udio triptofana u mliječnim proizvodima je velik i iznosi oko 1 %, i više, od prisutnih bjelančevina tako da se smatra da 60 g bjelančevina mlijeka ili jaja daje 10 NE (niacin-ekvivalenta) ili 600 mg niacina. Meso je općenito veoma bogato triptofanom i niacinom. Žitarice, kao: zob, riža ili pšenica imaju umjerenu količinu niacina, manje od kukuruza. Biološka dostupnost niacina iz žitarica je različita (Shils i sur., 1994; Garrow, 2000.; Mandić, 2007.).

Pantotenska kiselina je vrlo rasprostranjena u prirodi (od tuda joj i naziv, grčki, *panthos* - svugdje prisutna). Normalna prehrana će rijetko oskudijevati ovim vitaminom i obično manjak nastaje zbog poremećaja u apsorpciji iz hrane. Znakovi manjka mogu biti neurovegetativne smetnje (Belitz i sur., 2009.).

Meso peradi, riba, svinjetina, jaja, jetra i bubrezi, mlijeko bogati su vitaminom B<sub>6</sub> ili piridoksinom. Soja, zob, kvasac, neoljuštena riža, kikiriki, orasi, suho voće, pšenične klice također su dobri izvori ovoga vitamina. Vitamin B<sub>6</sub> sudjeluje u metabolizmu triptofana i nužan je u sintezi bjelančevina tijela. Kod hipovitaminoze može doći do oštećenja živaca, stoga treba biti oprezan s unosom ovog vitamina. Nedostatci ovoga vitamina su vrlo rijetki, ali ukoliko se u isto vrijeme pojavi deficit i folne kiseline i vitamina B<sub>12</sub>, može doći do rasta razine aminokiseline homocisteina u organizmu, za koju se vjeruje da je uzrok kardiovaskularnim bolestima. Pri normalnoj prehrani, RDA za odrasle zdrave muškarce je 2 mg/dan a za odrasle zdrave žene 1,6 mg/dan (Nilsson i sur., 2001.; Wills, 2007.).



Izdašan izvor vitamina B<sub>12</sub> u prehrani jesu: riba, plodovi mora, jaja, meso, mlijeko i fermentirani sirevi. Vitamin B<sub>12</sub> koji se unese hranom, oslobađa se u želudcu i dvanaesniku, veže se za glikoprotein koji izlučuju stanice želučane sluznice i kao takav upija i prenosi u stanice u tijelu gdje se prevodi u dva aktivna koenzima potrebna za sintezu aminokiselina. Kao što je ranije spomenuto u tekstu, vitamin B<sub>12</sub> ili cijanokobalamin ima koenzimsku ulogu u sintezi neurotransmitera dopamina i noradrenalina. Deficit ovog vitamina čest je kod vegetarijanaca, te se preporuča suplementacija (Sommer, 1995.; Wills 2007.).

Biotin je važan za pravilno funkcioniranje imunološkog sustava, folne kiseline, pantotenske kiseline i vitamina B<sub>12</sub>. Biotin se pohranjuje najviše u jetri, bubrezima, u mozgu i nadbubrežnim žlijezdama. Izvrstan izvor biotina u prehrani jesu: jetra, žumanjak jaja, sojino brašno, žitarice (osobito zob), pekarski kvasac i orašasti plodovi. Nalazi se u većini povrća. Voće i meso su siromašni biotinom. Biodostupnost biotina iz hrane ovisi o drugim sastojcima s kojima se biotin može vezati. Bjelanjak sirovoga jaja sadržava bjelančevinu avidin, koja se veže s biotinom i sprječava njegovu apsorpciju iz probavnog sustava (Wills 2007.; Mandić, 2007.).

Folna kiselina igra veliku ulogu u sprječavanju defekta neuralne cijevi. Tijekom 3. i 4. tjedna embrionalnog života, razvije se neuralna cijev - razvojna osnova cijelog središnjeg živčanog sustava. Stjenka neuralne cijevi izgrađena je od nediferenciranih stupićastih neuroepitelnih stanica, a umnažanjem (proliferacijom) tih stanica razvijaju se svi neuroni i makroglija središnjeg živčanog sustava. Najnovija istraživanja pokazuju da suplementacijom folne kiseline u trudnoći može doći i do prevencije razvoja autizma kod djece (Judaš i Kostović, 1997.; Surén i sur., 2013.). Najbolji izvor folne kiseline je zeleno lisnato povrće. Deficit folne kiseline, koji je obično uzrokovan manjim unosom hrane u organizam, povezan je s nekoliko psiholoških abnormalnosti tijekom djetinjstva i zrelosti (Mischoulon i Raab, 2007.). Suplementacija folatom, bilo samim ili u kombinaciji s drugim vitaminima B skupine pokazala se učinkovita u prevenciji kognitivnog propadanja i pojave demencije te poboljšanju djelovanja antidepresiva, kao i u utjecaju na koncentraciju dokozaheksaenske kiseline u plazmi (Fioravanti i sur., 1997.; Fava i sur., 1997.; Nilsson i sur., 2001.; Corrada i sur., 2005.).

Iako se ne smatra vitaminom, kolina je bitan nutrijent potreban za mijelinizaciju živaca, sintezu neurotransmitera acetilkolina, i sintezu različitih strukturnih i stanično signalizirajućih molekula, uključujući i fosfolipide (fosfatidilkolin i sfingomijelin) koji su važne komponente stanične membrane. Deficit kolina u perinatalnom razdoblju u laboratorijskih životinja rezultira poremećajem memorije i drugih kognitivnih sposobnosti potomaka (Gewirtz i sur., 2008.). Suprotno tome, ukoliko se daju suplementi u fazi embrionalnog razvoja, pozitivno utječe na memoriju i poboljšava kognitivne sposobnosti što prolongira do starosti (Jones i sur., 1999.; Sandstrom i sur., 2002.; Meck i Williams, 2003.; Mellott i sur., 2004.; Cheng i sur., 2006.; 2008.; Meck i sur., 2008.).

#### 4.4.2. Vitamini A, C, D i E i mozak

Vitamin C akumulira se u središnjem živčanom sustavu, posebno u neuronima mozga gdje je njegova koncentracija velika. Važan je antioksidans koji je potreban za sintezu neurotransmitera noradrenalina, redukciju iona metala (Fe, Cu) u mozgu, i za regeneraciju vitamina E. Deficit vitamina C uzrokuje oksidaciju lipida i proteina u mozgu. Kod skorbuta (ozbiljni deficit vitamina C), mozak zadržava vitamin C za funkciju neurona, a eventualna smrtnost uslijed bolesti izglednija je zbog nedostatka vitamina C za sintezu kolagena (važan strukturni dio krvnih žila, tetiva, ligamenata i kostiju). Skorbut se osim u fizičkim manifestacijama očituje i pojavom umora i depresije, jer nedostatak vitamina C utječe i na pretvorbu lizina u karnitin, prijekopotreban za proizvodnju energije u stanicama mitohondrija. Bogat i najvažniji izvor vitamina C u prehrani je različito voće i povrće (citrusi, šipak, paprika, jagode, brokula, rajčice i lisnato zeleno povrće) (Linster i Van Schaftingen, 2007.; Harrison i sur., 2010.).

U mozgu i drugim tkivima, alfa-tokoferol, aktivni oblik vitamina E, ključni je antioksidans topljiv u mastima koji sprječava peroksidaciju lipida i pomaže u održavanju integriteta stanične membrane (Niki, 2013.). Unos samog vitamina C, samog vitamina E ili u kombinaciji pozitivno utječe na smanjenje oksidativnog stresa i anksioznosti (Hughes i sur., 2011.; Devi i sur., 2012.). Tokoferola najviše ima u hladno prešanim biljnim uljima, sjemenkama i orašastim plodovima. Vitamin A također ima antioksidativno djelovanje, smanjuje oksidativni stres u prije spomenutim regijama mozga, striatumu i hipokampusu te ublažava anksiozna stanja (Schnorr i sur., 2011.). Pod vitaminom A podrazumijevamo spojeve s biološkom aktivnošću retinola: retin-ol, -retin-al i retinska kiselina (Mandić, 2007.). Retinska kiselina ima važnu ulogu u kontroli embrionalnog razvoja u središnjem živčanom sustavu. Ona prestaje sa signaliziranjem kada je postignut potpuni razvoj embrija. Također, ima važnu ulogu u održavanju homeostaze neuralne plastičnosti (sposobnosti mozga da se prilagođava iskustvu) (Shearer i sur., 2012.). Najbolji su izvori vitamina A riblje ulje, jetra, bubrezi, maslac i jaja. Neke su namirnice obogaćene vitaminom A, kao margarin (Mandić, 2007.).

Vitamin D osim što ima već poznatu ulogu u održavanju zdravlja kostiju, povećava se zanimanje za njegovu ulogu u drugim organima i tkivima, posebno u mozgu. Studija znanstvenika s University of Manchester ponudila je nove dokaze o bitnoj ulozi vitamina D u održavanju funkcije mozga u starijoj životnoj dobi. Prateći više od 3000 ispitanika u dobi između 40 i 79 godina istraživači su utvrdili kako osobe s višom razinom vitamina D u krvi imaju znatno bolje rezultate na testovima pamćenja i sposobnosti obrađivanja informacija, objavio je *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*. Znanstvenici dobivene rezultate objašnjavaju zaštitnom ulogom vitamina D glede ključnih signalnih procesa u mozgu (Harvey i

sur., 2013.). Vitamin D poboljšava memoriju, sposobnost prepoznavanja i brzinu procesuiranja informacija. Nedostatak vitamina D povezuje se s brojnim psihičkim poremećajima i s Alzheimerovom bolesti (Kesby i sur., 2011.; Eyles i sur., 2012.). Deficit vitamina D može uzrokovati kognitivno propadanje, uzrokujući značajni nitrozni stres u mozgu, u srednjoj životnoj dobi te starosti (Keeney i sur., 2013.). Ne postoji mnogo namirnica koje su prirodni izvori vitamina D. Ljudsko tijelo oslanja se na svoju sposobnost proizvodnje vitamina D kada smo izloženi sunčevoj svjetlosti. Ipak, postoji nekoliko namirnica koje su relativno dobar izvor vitamina D: masne ribe poput lososa, tune i skuše su među najboljim prirodnim izvorima ovog vitamina, teleća i juneća jetrica, sir i žumanjak jaja imaju manje količine, gljive sadrže male količine vitamina D (koje se mogu povećati ako se gljive izlože UV zrakama). Proizvodi poput žitnih pahuljica, soka od naranče, jogurta ili margarina često su obogaćeni vitaminom D. Vitamin D je najveći toksikant među vitaminima, stoga kod suplementacije treba biti pažljiv, jer u slučaju pretjerane konzumacije može doći do kalcifikacije mekih tkiva (Webb, 2006.). S obzirom da je topljiv u mastima, može lako i prijeći krvno – moždanu barijeru i uzrokovati neurotoksikaciju. Količina potrebnog D vitamina izražava se ili u  $\mu\text{g}$  ili u IU (*international units*). Jedna IU ekvivalentna je s 0,025  $\mu\text{g}$  čistog, kristaliziranog kolekalciferola. Potrebe dojenčadi, djece, trudnica i dojilja za D vitaminom iznose oko 10  $\mu\text{g}$ , ili oko 400 IU dnevno. Nakon otprilike 7. godine života dovoljno je 2,5  $\mu\text{g}$  (100 IU). Odrasle osobe dnevno trebaju 5-7,5  $\mu\text{g}$  (200-300 IU) D vitamina (Mandić, 2007.).

#### 4.4.3. Minerali i mozak

Jod je potreban za sintezu hormona štitnjače, koji su važni za mijelinizaciju u središnjem živčanom sustavu. Jod je od kritične važnosti za normalan razvoj mozga, dakle, deficit ovog minerala u kritičnim razdobljima razvoja fetusa ili djetinjstva može imati štetne učinke na kogniciju. Najekstremniji učinak deficita joda na razvoj kognicije je nepovratna mentalna retardacija; blaži kognitivni učinci uključuju razne neurorazvojne nedostatke, uključujući i poremećaje intelekta. Populaciju pogođenu deficitom joda najčešće čine djeca i trudnice, zbog povećanih psiholoških potreba. Primarna strategija u smanjenju deficita joda je jodiranje soli (Untoro i sur., 2010.; Zimmermann, 2011.; Leung i sur., 2011.; Pearce, 2012.; Hess, 2013.; Trumpff i sur., 2013.).

Željezo je bitan sastojak stotine proteina i enzima koji sudjeluju u raznim aspektima staničnog metabolizma. Mineral je potreban za pravilan razvoj oligodendrocita (moždane stanice koje proizvode mijelin) i za nekoliko enzima koji sintetiziraju neurotransmitere. Prema tome, nedostatak željeza u različitim fazama razvoja mozga ima negativne posljedice. Nedostatak željeza tijekom trudnoće ima ozbiljne posljedice za ženu i fetus, uključujući i trajni poremećaj u

učenju i pamćenju potomaka. Nedostatak željeza u djetinjstvu može biti povezan s oštećenjem kognitivnog razvoja. Bakar je također važan mikronutrijent za pravilnu funkciju mozga, a željezo sudjeluje u održavanju njegove homeostaze (Monnot i sur., 2011.). Željezo smanjuje oksidativni stres nastao u mozgu i pokazalo se korisnim u liječenju osoba s Parkinsonovom bolesti. Upravo je željezo ključno u dovodu kisika u stanice mozga, u molekuli hemoglobina (Weinreb i sur., 2013.). Anemija željeza očituje se u simptomima kao što su malaksalost, slabost, manjak energije, mentalna ili fizička iscrpljenost (Bratković, 2013.). U kemijskim spojevima željezo dolazi kao dvovalentno, trovalentno i šesterovalentno. Uravnoteženom prehranom unosi se dnevno od 10-30 mg željeza. Prirodni izvori su: jetrica (pileća, goveđa i teleća), tuna, ostrige, zob, bundeva, školjke, šljive, žumannjak jaja, smokva, kvasac i grašak. Organizam ne može sintetizirati željezo, već ga moramo unositi hranom ili suplementima (Wills, 2007.).

Magnezij je važan za neuromuskulatorni prijenos, mineralizaciju kostiju, odgovoran je za aktivnost kalcijevih kanala, sudjeluje u sintezi ATP-a te u koagulaciji i transportu glukoze u stanice. Magnezij regulira otkucaje srca i kontrakciju mišića, štiti živce, održava zdravo funkcioniranje prostate te regulira rad štitne žlijezde. Djelovanjem na presinaptičke završetke u neuronu poboljšava prijenos živčanih signala što rezultira povećanjem memorije i poboljšanjem pamćenja (Slutsky i sur., 2010.). S obzirom da je odgovoran za aktivnost kalcijevih kanala u neuronima, njegov deficit može dovesti do oštećenja spomenutih kanala te može doći do pojave depresije u čovjeka. U slučajevima depresije suplementacija magnezijem znatno poboljšava stanje pacijenta (Eby i Eby, 2010.). Pravilnom prehranom na dan unese se oko 300 mg magnezija u organizam. Prirodni izvori su soja, kikiriki, lisnato zeleno povrće, sjemenke, smokve, limun, jabuke, orah, banane, zob, avokado te smeđa riža (Wills, 2007.).

Selen je izuzetno važan mineral koji je potreban za djelovanje brojnih selen-ovisnih enzima (selenoproteina). Naime, funkcija selena u našem organizmu manifestira se upravo kroz selenoproteine, koji imaju ulogu u sintezi aktivnog oblika hormona štitnjače i regulaciji staničnog ciklusa. No, najvažniju ulogu selenoproteini imaju kao antioksidansi. Selen je potreban za glutation peroksidazu (GPx), važan antioksidacijski enzim u mozgu i drugim tkivima. Najbogatiji izvor selena su meso i morski plodovi, dok u biljnoj hrani koncentracije selena variraju, tj. ovise o sadržaju selena u tlu na kojem biljka raste. Nedostatak selena u našim krajevima rijedak je, a simptomi, poput depresije, javljaju se zbog pogoršanih funkcija antioksidativnih selenoproteina. Također, povezan je sa smanjenom aktivnošću GPx u mozgu laboratorijskih životinja, a može biti povezan sa smanjenim antioksidativnim kapacitetom u mozgu. U visokim dozama, selen je toksičan element, koji izaziva neravnotežu ostalih hranjivih tvari u organizmu, a trovanje selenom može rezultirati i smrću. U kombinaciji s vitaminom E, smanjuje neurotoksičnost, tj. štiti mozak od toksina iz okoline, kao što su

pesticidi, koje možemo unijeti u organizam npr. konzumacijom neadekvatno opranog voća ili povrća (Amara i sur., 2011.; Pasco i sur., 2012.).

Cink je mineral čija je koncentracija snižena u depresivnih ljudi. Ukoliko dodajemo cink kao dodatak njihovoj uobičajenoj prehrani, njihovo se depresivno raspoloženje neće bitno promijeniti. U siječnju 2004. godine skupina francuskih znanstvenika otkrila je da prehrana bogata alfa laktalbuminom pojačava sintezu serotonina u mozgu i time dovodi do smanjenja osjećaja tuge. Može se zaključiti da je za poboljšanje pozitivnih emocija potreban mineral cink, ali i hrana bogata alfa laktalbuminom. Alfa laktalbumin je potreban ne samo zato jer je najbogatiji protein aminokiselinom triptofanom iz koje nastaje serotonin, nego i zbog transporta cinka u organizmu za koji su zaslužni albumini, a i oni nastaju iz alfa laktalbumina. Samo ukoliko je vezan na proteine u krvi, cink može doći do neurona i pomoći enzimu hidroksilazi u sintezi serotonina iz triptofana. Cinkom je bogata hrana iz mora, posebno kamenice. Alfa laktalbuminom bogate su namirnice kao što su mlijeko i mliječni proizvodi (jogurt, kefir i razni sirevi). Uvijek treba paziti na sadržaj mliječne masti, jer zdravija su mlijeka i proizvodi sa što manjim udjelom mliječne masti. Ukoliko dođe do deficita cinka u kritičnim fazama kognitivnog razvoja mogući su poremećaji u pažnji, učenju i neuropsihološkom ponašanju (Nakashima i Dyck, 2009.; Krstinić, 2009.; Szewczyk i sur., 2011.; Sandstead, 2012.).

#### **4.4.4. Antioksidansi i mozak**

Antioksidansi su tvari koje štite stanice od oksidacijskog djelovanja slobodnih radikala. Slobodni radikali kemijski su spojevi velike reaktivnosti uslijed prisutnosti "nesparenih" elektrona u vanjskoj elektronskoj ljusci. Mehanizmi djelovanja antioksidansa uključuju obuzdavanje aktivnosti oksidansa putem molekula kao što su vitamin E i vitamin A ili enzimskih sustava koji uklanjaju proizvode oksidacije - superoksid dismutaze (ovisne o cinku, bakru ili manganu) i glutation peroksidaze (ovisne o selenu) (Şahin i Gümüşlü, 2004.; Bender i Krstev, 2008.).

Antioksidansi kao što su karotenoidi, antocijanini, flavonoli, kvercetin, lutein, zeaksantin, tokoferol, retinol i vitamin D imaju pozitivan utjecaj na memoriju i mentalne sposobnosti te igraju ključnu ulogu u prevenciji kognitivnog propadanja i u smanjenju već nastalog oksidativnog stresa u mozgu, koji je posljedica nepravilne prehrane (visokog unosa jednostavnih ugljikohidrata, zasićenih masti, alkohola) ili navika koje štete mozgu ( visok unos kofeina, pušenje, loša higijena spavanja, preskakanje obroka - posebno doručka) (Wills, 2007.; Johnson i sur., 2013.; Pocernich i sur., 2013.; Alzoubi i sur., 2013.).

Skvalen je snažan antioksidans, koji naše tijelo stvara. Sadrže ga namirnice poput maslinovog ulja, ulja pšeničnih klica itd. Ime je dobio po najznačajnijem izvoru iz kojeg se dobiva - ulju jetre dubokomorskih pasa (*Squalus spp.*). Po svojoj je strukturi izoprenoid sličan beta-karotenu, vitaminu A i vitaminu E, no za razliku od njih, koje u tijelo unosimo isključivo putem hrane i koji su u većim količinama dokazano toksični za ljudski organizam, skvalen se u ljudskom organizmu stvara tijekom normalnog fiziološkog procesa i stoga nema toksičnog djelovanja (Maršić, 2010.).

Astaksantin pripada ksantofilnoj podskupini karotenoida, a za razliku od ostalih karotenoida u organizmu se ne pretvara u vitamin A. Karotenoidi su prirodni pigmenti koji daju karakterističnu boju biljkama, algama i životinjama. Tako astaksantin daje karakterističnu crvenu boju nekim algama i životinjama koje se njima hrane (škampi, račići, jastozi, losos). Iako se nalazi i u nekim kvascima, najrašireniji prirodni izvor astaksantina je mikroalga *Hematococcus pluvialis*. Ispitivanja pokazuju kako astaksantin ima deset puta snažniju antioksidativnu sposobnost od ostalih karotenoida, i čak 550 puta snažniju od vitamina E. Njegova karakteristična struktura, osim snažnog oksidativnog djelovanja, mu ujedno omogućuje idealan smještaj u dvoslojnu strukturu stanične membrane, koju stabilizira i štiti od djelovanja slobodnih radikala. Njegova kemijska struktura omogućuje mu i prolazak kroz krvno-moždanu barijeru i snažno antioksidativno djelovanje u živčanom sustavu, posebno osjetljivom na djelovanje slobodnih radikala (Tudor, 2013.).

Krumpir je bogat vitaminima B<sub>6</sub> i C, bakrom, kalijem, manganom i prehrambenim vlaknima. Sadrži i fitotvari poput karotenoida i flavonoida koje posjeduju antioksidativna svojstva. Analiza nekih sorti pokazuje udio fenola jednak onome kod brokule i špinata. Zdrav je zbog visokog udjela vitamina B<sub>6</sub> koji je važan čimbenik prilikom sinteze aminokiselina i neurotransmitera kao što je serotonin (nedostatak uzrokuje depresiju), melatonina (hormon koji regulira spavanje), adrenalina i noradrenalina (hormoni regulacije stresa) (Sović, 2013.). Spomenuti mangan ima važnu ulogu u metabolizmu ugljikohidrata, apsorpciji kalcija, regulaciji krvnog šećera, moždanoj i živčanoj funkciji. Komponenta je antioksidativnog enzima superoksid dismutaze (SOD). Previše mangana, pogotovo u bazalnim ganglijima, povezano je s neurološkim poremećajima sličnim Parkinsonovoj bolesti. Djelovanjem na inhibiciju acetilkolinesteraze u srednjem živčanom sustavu može doprinijeti razvoju oksidativnog stresa, stoga acetilkolinesteraza može poslužiti kao indikator manganove neurotoksičnosti (Santos i sur., 2012.). Slatki krumpir bogat je manganom, vitaminom C i B<sub>6</sub>, kalijem i prehrambenim vlaknima, a u odnosu na krumpir ima visok udio vitamina A i triptofana. Također je bogat antioksidansima, kao što je beta - karoten – prekursor vitamina A. Antocijanini i drugi pigmenti odgovorni su za njegova protuupalna svojstva (**Tablica 4.**) (Sović, 2013.).

**Tablica 4.** Usporedba nutritivnih vrijednosti krumpira i slatkog krumpira u 100 g namirnice (Sović, 2013.)

| <b>Usporedba nutritivnih vrijednosti krumpira i slatkog krumpira u 100 g namirnice:</b> |                |                       |
|---|----------------|-----------------------|
| <b>Nutrijent</b>  | <b>Krumpir</b> | <b>Slatki krumpir</b> |
| <b>Energija</b>   | 93 kcal        | 89,5 kcal             |
| <b>Dijetalna vlakna</b>   | 2,2 g          | 3,3 g                 |
| <b>Vitamin A</b>  | 10 IU          | 19.117,38 IU          |
| <b>Vitamin C</b>  | 9,6 mg         | 19,49 mg              |
| <b>Vitamin B<sub>6</sub></b>  | 0,31 mg        | 0,29 mg               |
| <b>Mangan</b>   | 0,22 mg        | 0,5 mg                |
| <b>Triptofan</b>  | 535 mg         | 427,51 mg             |

Sadržaj antioksidansa i protuupalnih nutrijenata za vitalnost mozga u jagodama je odličan. Uz maline i grejp, jagode su među najboljim izvorima mangana iz voća. Istraživanja u nekoliko zemalja dokazala su da su jagode jedan od najboljih izvora vitamina C. Najpoznatije fitotvari u jagodama su antocijanini i flavonoli koji imaju antioksidativna i protuupalna svojstva (Sović, 2013.). Jedan od važnih flavonola iz voća i povrća je kvercetin, koji ima dokazano pozitivno djelovanje na mentalne sposobnosti. Kvercetin ima snažno oksidativno djelovanje i *in vitro* i *in vivo* te važnu ulogu u održavanju vitalnosti mozga i u razdoblju starosti (Sun i sur., 2007.). Kvercetina ima u zelenom čaju, za kojeg istraživanja pokazuju da poboljšava koncentraciju i ostale mentalne sposobnosti, te sprječava lančane reakcije nastajanja slobodnih radikala u oksidaciji lipida i proteina u mozgu, izazvanih povećanom konzumacijom alkohola (Skrzydłewska i sur., 2005.).

Do sada je identificirano više od 4000 spojeva koji pripadaju skupini flavonoida te je za mnoge od njih dokazano pozitivno djelovanje na ljudski organizam. Pored ružmarina, među začinskim biljem, kadulja ima najveću antioksidacijsku sposobnost. Komponente s najjačom antioksidacijskom sposobnošću u kadulji su fenolne kiseline i flavonoidi te je utvrđena prisutnost kvercetina i luteolina. Prisutnost kvercetina potvrđena je i u listu bagrema, dok je iz kestena uspješno izolirano 8 flavonoida (rutin, hesperidin, kvercetin, apigenin, morin, naringin, galangin i kempferol). Najpoznatiji flavonoidi su kvercetin i kempferol. Mogu se s obzirom na antioksidacijsku aktivnost usporediti s alfa - tokoferolom, dok je antioksidacijsko djelovanje derivata nekih fenolnih kiselina jače od onog koje pokazuju alfa - tokoferol ili askorbat (Kenjeric, 2004.).

Najčešći flavonoidi u medu su miricetin, kvercetin i luteolin koji su prisutni u gotovo svim vrstama meda. Sastav antioksidansa i antioksidacijska aktivnost meda ovise o biljnom izvoru, a tamniji med pokazuje jača antioksidacijska svojstva. Kenjeric (2004.) ukazala je na specifičnosti među analiziranim vrstama meda, kadulje, bagrema i kestena, karakterističnih za područje Republike Hrvatske. Dokazala je prisutnost abscisinske kiseline te visoke

koncentracije flavonoida luteolina u medu kadulje, visoke koncentracije krisina u medu bagrema i isključivo u medu kestena prisutnost mircetina. Prirodni antioksidansi imaju povoljan učinak na krvožilni sustav čovjeka. Istraživanja potvrđuju da su fenolni antioksidansi u medu biološki aktivni te mogu povisiti antioksidacijsku aktivnost plazme (**Tablica 5.**) (Kenjerić, 2004.; Sović, 2013.).

**Tablica 5.** Nutritivna vrijednost meda (Sović, 2013.).

| <b>100 g meda prosječno sadrži:</b> |         |
|-------------------------------------|---------|
| Kalorije                            | 302     |
| Ugljikohidrata                      | 75,1 g  |
| Masti                               | 0 g     |
| Proteina                            | 0,36 g  |
| Dijetalnih vlakana                  | 0 g     |
| Monosaharida                        | 72,7 g  |
| Disaharida                          | 2,31 g  |
| Vitamina C                          | 2,4 mg  |
| Vitamina B <sub>2</sub>             | 0,05 mg |
| Vitamina B <sub>6</sub>             | 0,16 mg |

Đumbir, poput zelenog čaja, ima važnu ulogu u sprječavanju neurodegenerativnih bolesti u starosti. Njegovo antioksidativno djelovanje usmjereno je na Fe<sup>2+</sup> induciran lipidnom peroksidacijom u mozgu (Oboh i sur., 2012.). Češnjak, također, utječe na smanjenje antioksidativnog stresa u mozgu (Hfaiedh i sur., 2011.).

Bobičasto voće ima iznimna antioksidativna i protuupalna svojstva čiji su nosioci antocijanini, flavonoli i vitamin C. Od ostalih nutrijenata zastupljeni su vitamini A, E, K, neki vitamini B skupine i prehrambena vlakna. Od minerala zastupljeni su mangan, kalij, kalcij, fosfor, željezo i magnezij. Divlja borovnica djeluje na inhibiciju acetilkolinesteraze u mozgu i povećava antioksidativni kapacitet mozga. (**Tablica 6.**) (Papandreou i sur., 2009.; Sović, 2013.).



**Tablica 6.** Usporedba nutritivnih vrijednosti jagoda i bobičastog voća u 100 g namirnice (Sović, 2013.)

| Usporedba nutritivnih vrijednosti jagoda i bobičastog voća u 100 g namirnice: |         |           |          |         |         |         |
|---|---------|-----------|----------|---------|---------|---------|
| Nutrijent   | Jagoda  | Borovnica | Brusnica | Kupina  | Malina  | Ribiz   |
| Energija  | 33 kcal | 57 kcal   | 39kcal   | 43 kcal | 36 kcal | 36 kcal |
| Dijetalna vlakna  | 2 g     | 2,4 g     | 4,6 g    | 3,16 g  | 4,68 g  | 3,5 g   |
| Vitamin C   | 64 mg   | 10 mg     | 11 mg    | 17 mg   | 25 mg   | 36 mg   |
| Vitamin K   | 13 µg   | 19 µg     | 5 µg     | 20 µg   | 8 µg    | 11 µg   |
| Mangan  | 0,39 mg | 0,34 mg   | 0,36 mg  | 0,6 mg  | 0,66 mg | 0,2 mg  |
| Fosfor  | 29 mg   | 12 mg     | 9,87 mg  | 30 mg   | 44 mg   | 27 mg   |
| Željezo   | 0,96 mg | 0,28 mg   | 0,86 mg  | 0,9 mg  | 1 mg    | 0,91 mg |

Pretpostavlja se da polifenolni antioksidansi, poput flavonoida u crnom vinu, zajedno s antioksidansima iz maslinova ulja i svježeg voća i povrća, kojima je posebno bogata mediteranska prehrana, mogu osigurati zaštitu protiv koronarnih bolesti srca. A ono što je dobro za naše srce dobro je i za našu moždanu aktivnost. Objavljena su mnoga određivanja sadržaja flavonoida u hrvatskim vinima (Katalinić i sur., 1997.; 2004.; Kazazić, 2004.) kao i njihova antioksidativna sposobnost te učinak na vazodilaciju (širenje krvnih žila) (Mudnić i sur., 2012.).

## 5. Nutraceutici i mentalne sposobnosti

### 5.1. Fosfatidilserin

Fosfatidilserin prirodno je prisutan fosfolipid koji se u visokim koncentracijama može pronaći u tkivu mozga, gdje čini 10 – 20 % ukupnog fosfolipidnog pool – a (Pepeu i sur., 1996). Fosfatidilserin ima važnu ulogu u staničnim funkcijama uključujući integritet membrane mitohondrija, otpuštanje presinaptičkih neurotransmitera, postsinaptičku receptorsku aktivnost i aktivnost protein kinaze c u formaciji memorije (Kidd, 2008.). S obzirom da je glavni fosfolipid plazme membrane, igra važnu ulogu u biosintezi i otpuštanju neurotransmitera, djeluje na inhibiciju otpuštanja acetilkolina (Saarela, 2011.), kao i noradrenalina (Zanotti i sur., 1989.) serotonina i dopamina (Saarela, 2011.). Istraživanja pokazuju protuupalni i antioksidativni učinak fosfatidilserina, djelujući na aktivaciju mikroglija, superoksidaze i dušične oksidaze (Hashioka i sur., 2007.). Neke studije pokazuju i pozitivno djelovanje na koncentraciju, učenje i memoriju za imena, lokacije i nedavne događaje u slučaju blažeg oblika Alzheimerove bolesti (Kidd, 2008.). Provodi se još mnogo studija usmjerenih na efikasnost fosfatidilserina kao neuroprotektivnog agenta koji poboljšava kolinergične funkcije i neuroplastičnost. Još uvijek ostaje dokazati uzrokuje li suplementacija u mladih zdravih ljudi poboljšanje kognitivnih sposobnosti (Saarela, 2011.).

Najvažniji prehrambeni izvor fosfatidilserina je soja. Fosfatidilserin dobiva se iz lecitina enzimskom reakcijom s L-serinom (Barbalho i sur., 2011.). Među ostalim prehrambenim izvorima fosfatidilserina su goveđi mozak, skuša, pileće srce, haringa, jegulja, iznutrice i tunjevina (Souci i sur., 2008.).

### 5.2. Taurin

Taurin je prirodno prisutna sulfonska kiselina u našem tijelu. Distribuira se tijelom u slobodnom obliku ili u jednostavnim peptidima poput glutaurina u mozgu. Igra važnu ulogu u zaštiti stanične membrane, reducirajući toksične tvari ili djelujući kao regulator procesa osmoze (Schaffer i sur., 2000.). Ljudsko tijelo posjeduje ograničenu sposobnost sinteze taurina iz prekursora cisteina i metionina, koja se većinom odvija u jetri i mozgu. Zbog toga razloga, taurin je poluesencijalna aminokiselina (Saarela, 2011.). Taurin (Latinski, *taurus* – bik) često možemo pronaći u energetske napitcima kao što je Red Bull (Hrvatski, crveni bik) koji sadrži 1000 mg taurina po limenci (Alford i sur., 2001.). Taurin slobodno prolazi kroz

krvno–moždanu barijeru i to mehanizmom aktivnog transporta, stoga se koncentrira u većim količinama u mozgu (Lallemant i De Witte, 2004.). Mnoge studije sugeriraju inhibirajući učinak taurina na GABA i glicin receptore u mozgu vjerojatno poboljšavajući tako kognitivne sposobnosti (Saarela, 2011.; El Idrissi i Trenker, 2004.). Ne postoje čvrsti dokazi akutnog utjecaja taurina na kognitivne sposobnosti osim na pažnju i verbalno rasuđivanje nakon konzumacije kofeinskih napitaka taurina (Warburton i sur., 2001.). Ograničenost takvih studija je to što se ne mogu diferencirati utjecaji taurina na kogniciju u usporedbi s kofeinom i ostalim supstancama. Eksperimentalne i kliničke studije sugeriraju da kronična suplementacija taurinom djeluje kao zaštita živaca, posebno u stresnim razdobljima ili kod starije populacije koja ima smanjenu razinu taurina u mozgu.

Taurin se nalazi u mesu, orašastim plodovima i sjemenkama, mliječnim proizvodima (Laidlaw i sur., 1990.) te mlijeku, posebno kozjem i kravljem (Manzi i Pizzoferrato, 2013.).

### **5.3. Acetil – L – karnitin (ALCAR)**

ALCAR je endogena molekula, kratkolančani ester karnitina, sastavni dio membrane mitohondrija, važna za održavanje funkcije mitohondrija kao i proizvodnju acetilkolina u kolinergičnim neuronima. ALCAR olakšava prijenos dugolančanih masnih kiselina iz citoplazme u mitohondrij, gdje masne kiseline mogu poslužiti kao supstrati za proces oksidativne fosforilacije, čiji produkt je ATP (adenozin trifosfat – energetska valuta stanice) te mijenja metabolizam mozga i povećava razinu noradrenalina i serotonina u mozgu testiranih životinja (Saarela, 2011.; Smeland i sur., 2012.). Također pomaže u zaštiti mitohondrija od oksidativnog oštećenja i potiče proizvodnju ATP – a. Otkriveno je da ALCAR pomaže kod Alzheimerove bolesti tako što reducira nastale amiloidne formacije u mozgu i povećava razinu endogenog antioksidansa glutationa koji ima neuroprotektivni učinak od amiloidnih formacija (Abdul i sur., 2006.; Epis i sur., 2008.). Po svemu sudeći ALCAR ima važnu ulogu u zaštiti od neurodegenerativnih bolesti i demencije.

Najbolji prehrambeni izvor ALCAR – a je meso, stoga prehrana omnivora zadovoljava potrebe organizma, dok se vegeterijancima preporučuje suplementacija ovom važnom molekulom (Demarquoy i sur., 2004.).

## 6. Hrana i raspoloženje

Raspoloženje možemo popraviti na jedan način, a to je da oslobodene neurotransmitere zadržimo u prostoru između živčanih stanica što dulje, kako bi ih mogli neprestano podržavati. Zadržavajući tri ključna neurotransmitera zadužena za raspoloženje (dopamin, noradrenalin i serotonin), unosom hrane, utječemo na trajnost njihovog podraživanja živčane stanice te tako mijenjamo raspoloženje (Krstinić, 2009.; Hamburg i sur., 2014.).

### 6.1. Čokolada

U studiji provedenoj na 8000 ispitanika pokazano je da ljudi koji uzimaju čokoladu žive dulje u odnosu na osobe koje nikad ne jedu čokoladu. Ovaj pozitivan učinak čokolada ima zbog toga što sadrži već spomenute flavonoide. Flavonoidi iz čokolade smanjuju količinu lošeg LDL kolesterola te time štite srce i smanjuju krvni tlak. Oni također pokazuju učinak na usporavanje rasta kancerogenih stanica (Engler i Engler, 2004.; Paoletti i sur., 2012.). Ali, ako pretjeramo s unosom čokolade moguće je da ćemo istodobno povećati našu tjelesnu masu što može opteretiti srce. Čokoladi se u preradi često dodaje šećer, arome i razni dodatci, a mlijeko u prahu se dodaje u mliječnu čokoladu. Zbog toga je najbolja tamna čokolada, jer ona ima najviše kakaovca i time sadrži najviše flavonoida. Bijela čokolada zapravo i nije čokolada, jer ona ne sadrži kakaovac. Ona sadrži kakao maslac, koji je glavni sastojak čokolade te je odgovoran za mnoga svojstva čokolade, kao što su topljenje, površinski sjaj i tekstura (Vlastnik, 2002.; Goldoni, 2004.; Rawell i Kulling, 2007.).

Kakao zrna sadrže 61 % kakao maslaca, taninske tvari te alkaloidne – teobromin i kofein koji imaju različiti učinak na naš mozak i emocije. U kakao zrnu nalaze se još i razni produkti hidrolize polihidroksifenola kao što su kvercetin, kava i p – hidroksicimetna kiselina te u tragovima vitamini A, D, B kompleks i E koji su bez osobitog značaja za ljudsku prehranu (Goldoni, 2004.; Smit i sur., 2004.; Jalil i Ismail, 2008.;).

Poznato je da čokolada sadrži preko 300 supstanci, no ključna tvar je feniletilamin. Većina feniletilamina metabolizira se u tijelu, no dio ipak dopire do mozga gdje utječe na povećanje proizvodnje neurotransmitera dopamina. Feniletilamin iz čokolade utječe na uzbuđivanje, jer bolje osjećamo, bolje prihvaćamo podražaje što nas dovodi do euforije. Neki antidepresivi imaju sličano djelovanje, jer inhibiraju monoaminooksidazu (MAO inhibitori) i tako sprječavaju razgradnju feniletilamina. Stoga, čokolada može imati antidepresivno djelovanje. Čokolada sadrži anandamid, tvar koja je endogeni kanabinoid i nalazi se u mozgu gdje izaziva

pozitivne osjećaje. Čokolada također sadrži triptofan, esencijalnu aminokiselinu, koji ima ulogu u nastanku pozitivnih emocija i ugone. Konzumacijom čokolade raste količina endorfina u mozgu koji imaju ulogu u povećanju praga tolerancije boli (Smit i sur., 2004.; Parker i sur., 2006.). Alkaloidi iz čokolade poboljšavaju raspoloženje, a iste takve možemo pronaći u vinu ili pivu. Čokolada je bogata magnezijem, čiji deficit povećava intenzitet predmenstrualnog sindroma. Na taj način se u žena djelomično objašnjava povećana želja za čokoladom u tome periodu. Čak 91 % žena najveću želju za čokoladom ima u drugoj polovici ciklusa, te je želja veća poslijepodne i rano uvečer (Krstinić, 2009.; Ghalwa i sur., 2014.). Čokolada sadrži male količine kofeina, no radi usporedbe može se reći da šalica kakaa sadrži 20 mg kofeina, a šalica čaja prosječno 40 mg, dok šalica kave sadrži 155 mg kofeina (Heckman i sur., 2010.).

## 6.2. Kofein

Kofein je stimulans središnjeg živčanog sustava te ima povoljne i nepovoljne učinke koji ovise o dozi i učestalosti uzimanja. Kofein je kemijski metilksantin, izoliran prvi put iz zrna kave koja je najznačajniji izvor kofeina, ali se nalazi i u drugim napitcima. Prisutan je i u zelenom i crnom čaju, guarani, kakau te bezalkoholnim napitcima, ponajprije Coca-Coli i energetskim napitcima (Persad, 2011.). Djeluje blokirajući receptor za adenzin. Adenzin je tvar koja nastaje u našem organizmu kao produkt pojačanog metabolizma i signalizira umor, odnosno našu potrebu za odmorom. Kofein zbog toga djeluje kao psihostimulans u mozgu: pojačava pozornost, izaziva budnost, poboljšava memoriju i skraćuje vrijeme odgovora na podražaj. Istodobno na periferiji izaziva opuštanje bronhija, ubrzava rad srca, pojačava snagu srčane kontrakcije, izlučivanje urina i izlučivanje želučanog soka. Doza kofeina u jednoj šalici crne kave približno iznosi 100-120 mg, a u šalici zelenog čaja približno 80 mg (Higgins i sur., 2010.; Persad, 2011.; Grundler, 2013.).

Zbog učinka razbuđivanja koji nastupa 15 minuta nakon pijenja napitka ponajprije se koristi kao stimulans kod umora i pospanosti, a postoje dokazi da djeluje samo kod „svježeg“ umora, odnosno nema učinka kod sindroma kroničnog umora. Međunarodni olimpijski odbor sve do 2004. godine kofein je držao na listi supstanci koje se koriste ograničeno (doza otprilike pet šalica dnevno), jer kod sportaša pokazuje utjecaj na izdržljivost. Postoje studije koje upućuju na povezanost manjeg nastanka demencije, posebno Parkinsonove bolesti u osoba koje su tijekom života redovito uzimale kofein. Danas je prihvaćeno znanstveno mišljenje da doze do 200 mg kofeina na dan povoljno djeluju na organizam i nemaju štetnog učinka. Odnedavno, smatra se da takve doze nisu štetne ni u osoba s hipertenzijom. Doze veće od 400 mg, a posebno u osoba osjetljivih na kofein, trudnica i djece, mogu imati štetne učinke: nesanicu,

pretjeranu uzbuđenost, nervozu, pojačan rad srca i pojačano lučenje želučane kiseline (Nehlig i sur., 1992.; Fredholm, 2011.; Persad, 2011.; Snel i Lorist, 2011.; Grundler, 2013.; Cano-Marquinaa i sur., 2013.).

## **7. Dodatni čimbenici rizika za gubljenje mentalnih sposobnosti**

1. Stres i stresne emocionalne reakcije (fizička iscrpljenost, glavobolja i nesanica te smanjenje ili povećanje tjelesne težine). Tijekom stresa dolazi do izlučivanja stresnih hormona (adrenalina, kortizola) i ujedno se mijenja jačina aktivnosti pojedinih moždanih regija, što dovodi do neravnoteže u proizvodnji neurotransmitera.

2. Pretjerana konzumacija kave i energetskih napitaka. Kofein oslobađa energiju iz energetskih rezervi, a previše kofeina prazni te rezerve, što može doprinijeti smanjenoj koncentraciji ili sindromu kroničnog umora.

3. Prevelika količina alkohola, odnosno prekomjerna svakodnevna potrošnja dovodi do poremećaja u metabolizmu masti s posljedicom zadebljanja krvnih žila i gubitkom njihove elastičnosti, što povećava rizik za degenerativne bolesti kao i za slabljenje kognitivnih funkcija mozga.

4. Nedovoljan unos vode (dehidracija) nepovoljno utječe na moždano tkivo, moždane stanice počinju se skupljati, funkcionalno slabe, dok je prijenos živčanih impulsa usporen, a kod starijih osoba i izgubljen. Prepoznatljivi simptomi koji se mogu pojaviti su: umor, razdražljivost i lošija koncentracija. Voda je nužna za stvaranje hidroelektrične energije potrebne za prijenos živčanih podražaja. Tijekom dana savjetuje se popiti najmanje 8 čaša od 2 dl obične ili mineralne negazirane vode.

5. Pušenje (aktivno i pasivno) dovodi do smanjenja prijenosa kisika putem eritrocita, što oštećuje unutrašnju stjenku krvnih žila i ubrzava njihovo ovapnjenje, a to nakon određenog vremena može dovesti do slabljenja kognitivnih funkcija, prije svega pamćenja, (blaga zaboravnost), a kod nekih osoba može imati i progresivan tijek osobito u starijoj životnoj dobi.

6. Nepravilna prehrana (prevelika količina zasićenih masti životinjskog podrijetla) povećava količinu ukupnog i LDL kolesterola što ubrzava aterosklerozu svih krvnih žila, pa i krvnih žila mozga.

U prehrani treba izbjegavati:

- zasićene masnoće životinjskog podrijetla (suhomesnati proizvodi, iznutrice, konzervirani mesni proizvodi), višestruku upotrebu jednog te istog ulja, primjerice u fritezama,
- *trans* masne kiseline, "umjetne masnoće" iz margarina, krejera, grickalica, lisnatog tijesta, čipsa, koje su dobivene industrijskom preradom,
- koncentrirane ugljikohidrate (rafinirane) koji sadrže bijeli šećer i brašno kao što su kolači i slatkiši, koji nas optereće nepotrebnim kalorijama, a organizam ih u višku pretvara u mast,
- „umjetne napitke“ s umjetnim bojama (Divković, 2008.).

## 8. Savjeti u prehrani i mentalna detoksikacija

Za normalno funkcioniranje živčanih stanica te očuvanje i poboljšanje mentalnih sposobnosti posebno se preporučuje:

- riba (osobito plava - srdele, skuše, tune), riječna riba - pastrva, hladno vodna - losos, haringa koje su bogate omega- višestruko nezasićenim masnim kiselinama
- najbogatiji biljni izvor omega - masnih kiselina su sjemenke i ulje lana (jušna žlica mljevenih lanenih sjemenki dodanih u svježi sir),
- integralne žitarice (cjelovito zrno, pahuljice, posije, klice (svježe i pržene) integralna tjestenina, riža, peciva, sadrže ugljikohidrate koji se sporo otpuštaju u krv, stvaraju dulji osjećaj sitosti, a moždane stanice ravnomjernije su opskrbljene glukozom, njihovim primarnim gorivom. Dodatno, ovi proizvodi bogati su vitaminima B skupine koji su nužni za normalan metabolizam živčanih stanica,
- fermentirani mliječni proizvodi i probiotici: (kefir, bioaktiv),
- mladi kravlji sir i tofu (sir od soje), koji osim vitamina B kompleksa sadrže i minerale kalcij, magnezij i fosfor,
- mahunarke (grah, grašak, leća, soja) bogate su fosforom i lecitinom koji je sastavni dio stanične opne živčanih stanica,
- orašasti plodovi (orasi, bademi, lješnjaci) bogati su vitaminom E. Mogu se kombinirati sa sušenim voćem (marelice, smokve, grožđice) koji sadrže beta karoten (provitamin A) i magnezij koji su važni za prokrvljenost i normalnu podražljivost živčanih stanica,
- sjemenke (bundeve, suncokreta, sezama) bogate su mineralom cinkom (Wills, 2007.; Divković, 2008.).

Za živčane stanice važna je količina informacija koju tijekom dana primaju. Dominira li intelektualni rad u ukupnoj dnevnoj aktivnosti, ili smo pod stresom, to dovodi do iscrpljivanja neurotransmitera, što osjećamo kao umor. Najčešće dolazi do smanjivanja živčanih prijenosnika: acetilkolina i noradrenalina. Vježbe opuštanja i tehnike relaksacije mogu pomoći u vraćanju organizma u stanje ravnoteže i smanjenja umora. Meditacija povećava količinu sive tvari u mozgu i smanjuje stanjivanje dijela kore mozga vezanog uz njegovo starenje. Osobe koje veći dio radnog dana provode u uredima, sjedeći, nepravilnim držanjem tijela mogu utjecati na nastanak ili pogoršanje zdravstvenih tegoba (sjedenje je i najnepovoljniji položaj za kralježnicu), pa se savjetuje pri dugotrajnom sjedenju praviti kraće stanke, ustati, prošetati, razgibati vrat ili se obratiti stručnoj osobi kako bi uključili specifične korektivne vježbe jačanja i istezanja mišića. Vježbe, uz svakodnevnu tjelesnu aktivnost (najmanje pola sata šetnje, vožnje bicikla ili drugog oblika rekreacije) i pravilnu hidrataciju organizma mogu pomoći u zaustavljanu procesa koji vode prema degenerativnim promjenama kralježnice. Živčani sustav stalno je aktivan, pa i onda kada spavamo, stoga je važno da taj najosjetljiviji mehanizam ne preopteretimo pogrešnim životnim navikama i nerealnim ciljevima (Vaynman i Gomez-Pinilla, 2006.).



## 9. Zaključak

Kako bi poboljšali svoje mentalne sposobnosti, koncentraciju, pamćenje i pojačali budnost od velike je važnosti naš odabir namirnica. Učinkom na neurotransmitere, tvari koje aktiviraju regije mozga, aktivno sudjeluju u stvaranju živčanih impulsa te tako reguliraju naše mentalne sposobnosti, emocije i raspoloženja, hrana može poticati mozak na pravilan rad.

Pravilna prehrana koja se sastoji od složenih ugljikohidrata, višestruko nezasićenih masnih kiselina, posebno omega – 3 masnih kiselina, proteina, vitamina, posebno važnih vitamina B kompleksa, minerala i namirnica s antioksidacijskim sposobnostima može pomoći u održanju vitalnosti mozga i sprječavanju neurodegenerativnih bolesti u starosti.

Suprotno tome, nepravilna prehrana sastavljena od jednostavnih ugljikohidrata, zasićenih i trans – masnih kiselina te pretjerana konzumacija kofeina, energetskih napitaka, pušenje, nespavanje, preskakanje obroka i nedostatan unos vode u organizam može oslabiti mentalne sposobnosti, onemogućiti budnost, smanjiti koncentraciju, dovesti do umora te naposljetku do neurodegenerativnih bolesti.

Osim pravilne prehrane za pravilnu funkciju mozga i poboljšanje mentalnih sposobnosti od iznimne važnosti su izlaganje suncu, s obzirom da se ljudsko tijelo oslanja na svoju sposobnost proizvodnje vitamina D kada smo izloženi sunčevoj svjetlosti, i redovita tjelesna aktivnost. Pored redovite tjelesne aktivnosti, na poboljšanje raspoloženja i koncentracije te budnost možemo utjecati umjerenom konzumacijom čokolade i kofeinskih napitaka.

Imajući na umu čimbenike rizika za gubljenje mentalnih sposobnosti, možemo spriječiti ili usporiti degenerativne promjene mozga ukoliko pametno odaberemo način života. Iz svega navedenoga možemo zaključiti da je idealno rješenje za održanje vitalnosti mozga odabrati mediteransku prehranu koja se sastoji od namirnica (manje mesa, više ribe, maslinovo ulje umjesto margarina, obilje voća i povrća, malo vina i dr.) koje su savršena kombinacija za pravilan rad mozga te održavanje njegove vitalnosti prolongirane do starosti.

## 10. Literatura

1. Abdul HM, Calabrese V, Calvani M and Butterfield DA: Acetyl - L - Carnitine- induced up- regulation of heat shock proteins protects cortical neurons against amyloid - beta - peptide 1-42- mediated oxidative stress and neurotoxicity: Implications for Alzheimer's disease. *Journal of Neuroscience Research*, 84, 398-408, 2006.
2. Alford C, Cox H and Wescott R: The effects of Red Bull Energy Drink on human performance and mood. *Amino acids*, 21, 139-150, 2001.
3. Alzoubi KH, Khabour OF, Salah HA, Hasan Z: Vitamin E prevents high-fat high-carbohydrates diet-induced memory impairment: The role of oxidative stress. *Physiology & Behavior*, 119, 72-78, 2013.
4. Amara IB, Soudani N, Hakim A, Troudi A, Zeghal KM, Boudawara T, Zeghal N: Selenium and vitamin E, natural antioxidants, protect rat cerebral cortex against dimethoate-induced neurotoxicity. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 101(3), 165-174, 2011.
5. Antunović N: Mozak treba omega. *Vaše zdravlje, vodič za zdraviji život*, 77, 4-4, 2011.
6. Barbalho SM i Flávia, Farinazzi-Machado MV: Soybean: Food or Remedy? In *Soybean and Nutrition*. InTech, 2011.
7. Belitz HD, Grosch W, Schieberle P: *Food Chemistry*, 4th Edition Springer, 2009.
8. Bender VD, Krstev S: Makronutrijenti i mikronutrijenti u prehrani čovjeka. *MEDICUS*, 17 (1), 19-25, 2008.
9. Bender VD: Omega-3 - u zdravlju i bolesti. *Vaše zdravlje, vodič za zdraviji život*, 88, 4-8, 2013.
10. Benton D: The influence of children's diet on their cognition and behavior. *European Journal of Nutrition*, 47(3), 25-37, 2008.
11. Bradbury J: Docosahexaenoic Acid (DHA): An Ancient Nutrient for the Modern Human Brain. *Nutrients* 3, 529-554, 2011.
12. Bratković N: Važnost željeza u očuvanju zdravlja žena. *ADIVA PLUS*, 105, 3-3, 2013.
13. Cano-Marquina A, Tarín JJ, Canoc A. The impact of coffee on health. *Maturitas*, 75, 7-21, 2013.
14. Cheng RK, MacDonald CJ, Williams CL, Meck WH: Prenatal choline supplementation alters the timing, emotion, and memory performance (TEMP) of adult male and female rats as indexed by differential reinforcement of low-rate schedule behavior. *Learning & Memory*, 15, 153-162, 2008.
15. Cheng RK, Meck WH, Williams CL: Alpha 7 nicotinic acetylcholine receptors and temporal memory: synergistic effects of combining prenatal choline and nicotine on reinforcement-induced resetting of an interval clock. *Learning & Memory*, 13, 127-134, 2006.

16. Coimbra NC: *Nourish - Carbohydrates Fuel Your Brain*. The Franklin Institute Online, 2013. <http://www.fi.edu/learn/brain/carbs.html> [05.07.2013.]
17. Conklin SM, Gianaros PJ, Brown SM, Yao JK, Hariri AR, Manuck SB, Muldoon MF: Long-chain omega-3 fatty acid intake is associated positively with corticolimbic gray matter volume in healthy adults. *Neuroscience Letters*, 421(3), 209–212, 2007.
18. Corrada M, Kawas C, Hallfrisch J, Muller D and Brookmeyer R: Reduced risk of Alzheimer's disease with high folate intake: The Baltimore Longitudinal Study of Aging. *Alzheimer's & Dementia: The Journal of the Alzheimer's Association*. 1(1), 11-18, 2005.
19. Cunnane SC i sur.: Fish, Docosahehexanoic Acid and Alzheimer's Disease. *Progress in Lipid Research* 48, 239–256, 2009.
20. Daubner SC, Le T, Wang S: Tyrosine Hydroxylase and Regulation of Dopamine Synthesis. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 508(1), 1–12, 2011.
21. Davis BC i Kris-Etherton PM: Achieving Optimal Essential Fatty Acid Status in Vegetarians: Current Knowledge and Practical Implications. *American Journal of Clinical Nutrition* 78(3), 640S–646S, 2003.
22. Demarquoy J, Georges B, Rigault C, Royer MC, Clairet A, Soty M, Lekounougou S, Le Borgne F: Radioisotopic determination of l-carnitine content in foods commonly eaten in Western countries. *Food Chemistry*, 86(1), 137–142, 2004.
23. Devi AS, Manjula KR, Subramanyam MVV: Protective role of vitamins E and C against oxidative stress caused by intermittent cold exposure in aging rat's frontoparietal cortex. *Neuroscience Letters*, 529(2), 155-160, 2012.
24. Divković S: Mišljenje, pamćenje, učenje i prehrana. *Zdrav život*, 56, 2008.
25. Eby GA III, Eby KL: Magnesium for treatment-resistant depression: A review and hypothesis. *Medical Hypotheses*, 74(4), 649-660, 2010.
26. Ek KL, Brand-Miller J, Copeland L: Glycemic effect of potatoes. *Food Chemistry*, 133(4), 1230–1240, 2012.
27. El Idrissi A i Tenkner E: Taurine as a modulator of excitatory and inhibitory neurotransmission. *Neurochemical Research*, 29, 189-197, 2004.
28. Engler MB, Engler MM: The vasculoprotective effects of flavonoid-rich cocoa and chocolate. *Nutrition Research*, 24(9), 695–706, 2004.
29. Epis R, Marcello E, Gordoni F, Longhi A, Calvani M i sur.: Modulatory effect of acetyl – l – carnitine on amyloid precursor protein metabolism in hippocampal neurons. *European Journal of Pharmacology*, 597, 51-56, 2008.
30. Eyles DW, Burne TH, McGrath JJ: Vitamin D, effects on brain development, adult brain function and the links between low levels of vitamin D and neuropsychiatric disease. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 34(1), 47-64, 2013.

31. Fava M i sur.: Folate, vitamin B12, and homocysteine in major depressive disorder. *The American Journal of Psychiatry*, 154, 426–428, 1997.
32. Fernstrom JD. Large neutral amino acids: dietary effects on brain neurochemistry and function. *Amino Acids*, 45(3), 419-430, 2013.
33. Ferry M, Roussel AM: Micronutrient status and cognitive decline in ageing. *European Geriatric Medicine*, 2(1), 15-21, 2011.
34. Fioravanti M i sur.: Low folate levels in the cognitive decline of elderly patients and efficacy of folate as a treatment for improving memory deficits. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 26, 1–13, 1997.
35. Fox SI: The Nervous System. In *Perspectives on Human Biology*. Wm.C.Brown Publishers, Dubuque, 1991.
36. Fredholm BB, ed. Methylxanthines. *Handbook of Experimental Pharmacology* 200. Springer, Milan, 2011.
37. Gadsby DC: Ion transport: spot the difference. *Nature*, 427, 795-797, 2004.
38. Garrow JS, James WPT: *Human Nutrition and Dietetics*. 10th Ed. London: Churchill Livingstone Co., 2000.
39. Gewirtz JC, Hamilton KL, Babu MA, Wobken JD, Georgieff MK: Effects of gestational iron deficiency on fear conditioning in juvenile and adult rats. *Brain Research* 1237, 195–203, 2008.
40. Ghalwa NA, Qedra RA, Wahedy K: Impact of Calcium and Magnesium Dietary Changes on Women Pain and Discomfort from Premenstrual Syndrome at the Faculty of Pharmacy-Gaza Strip. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 3(2), 981-1005, 2014.
41. Gogus U and Smith C: n-3 Omega fatty acids: a review of current knowledge. *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 417–436, 2010.
42. Goldoni L: Kakao zrna i Kakao proizvodi. U *Tehnologija konditorskih proizvoda: Kakao i čokolada*. Kugler, Zagreb, 2004.
43. Grundler A: Je li kofein dobar ili loš za organizam? *ADIVA PLUS*, 102, 6-6, 2013.
44. Gustafson E: Nutrition and mental health. In Fundukian LJ, Wilson J, eds. *Gale encyclopedia of mental health*. 2nd ed, p. 785-791. Thompson Gale, Detroit, 2008.
45. Hamburg ME, Finkenauer C, Schuengel C: Food for love: the role of food offering in empathic emotion regulation. *Frontiers in Psychology*, 5(32), 1-18, 2014.
46. Harrison FE, Green RJ, Dawes SM, May JM: Vitamin C distribution and retention in the mouse brain. *Brain Research*, 1348, 181-186, 2010.
47. Harvey L, Burne T, Cui X, Mackay-Sim A, Eyles D: Vitamin D and the Brain: A Neuropsychiatric Perspective. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 34(1), 47-64, 2013.
48. Hashioka S, Han YH, Fujji S, Kato T, Monji A i sur.: Phosphatidylserine and phosphatidylcholine – containing liposomes inhibit amyloid beta and interferon –

- gamma - induced microglial activation. *Free Radical Biology and Medicine*, 42, 945-954, 2007.
49. Heckman MA, Weil J, Gonzalez de Mejia E. Caffeine (1, 3, 7-trimethylxanthine) in foods: A comprehensive review on consumption, functionality, safety, and regulatory matters. *Journal of Food Science*, 75(3), R77-R87, 2010.
50. Hess SY: Iodine: Physiology, Dietary Sources, and Requirements. *Encyclopedia of Human Nutrition (Third Edition)*, 33-38, 2013.
51. Hfaiedh N, Murat JC, Elfeki A: Protective effects of garlic (*Allium sativum*) extract upon lindane-induced oxidative stress and related damages in testes and brain of male rats. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 100(2), 187-192, 2011.
52. Higgins JP, Tuttle DT, Higgins HL. Energy Beverages: Content and Safety. *Mayo Clinic Proceedings*, 85(11), 1033-1041, 2010.
53. Holmes GL i sur.: Seizure-induced memory impairment is reduced by choline supplementation before or after status epilepticus. *Epilepsy Research*, 48, 3-13, 2002.
54. Hughes RN, Lowther CL, van Nobelen M: Prolonged treatment with vitamins C and E separately and together decreases anxiety-related open-field behavior and acoustic startle in hooded rats. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 97(3), 494-499, 2011.
55. Isaacs E, Oates J: Nutrition and cognition: assessing cognitive abilities in children and young people. *European Journal of Nutrition*, 47(3), 4-24, 2008.
56. Jalil AMM and Ismail A: Polyphenols in Cocoa and Cocoa Products: Is There a Link between Antioxidant Properties and Health? *Molecules*, 13, 2190-2219, 2008.
57. Jenkins DJA, Augustin LSA, Malick A, Esfahani A, Kendall CWC: Glucose: Chemistry and Dietary Sources. In *Encyclopedia of Human Nutrition (Third Edition)*. University of Toronto, ON, Canada, 2013.
58. Jin Z, Mendu SM, Birnir B: GABA is an effective immunomodulatory molecule. *Amino Acids*, 45, 87-94, 2013.
59. Johnson EJ, Vishwanathan R, Johnson MA, Hausman DB, Davey A, Scott TM, Green RC, Miller LP, Gearing M, Woodard J, Nelson PT, Chung HY, Schalch W, Wittwer J and Poon L: Relationship between Serum and Brain Carotenoids,  $\alpha$ -Tocopherol, and Retinol Concentrations and Cognitive Performance in the Oldest Old from the Georgia Centenarian Study. *Journal of Aging Research*, 1- 13, 2013.
60. Jones III JP, Meck WH, Williams CL, Wilson WA, Swartzwelder SH: Choline availability to the developing rat fetus alters adult hippocampal long-term potentiation. *Developmental Brain Research*, 118, 159-167, 1999.
61. Judaš M, Kostović I: *Temelji neuroznanosti*, MD, Zagreb, 1997.

62. Kaczmarczyk MM, Miller MJ, Freund GG: The health benefits of dietary fiber: Beyond the usual suspects of type 2 diabetes mellitus, cardiovascular disease and colon cancer. *Metabolism Clinical and Experimental*, 61, 1058-1066, 2012.
63. Katalinić V, Maleš P, Konja G: Low molecular weight flavans in wine. *Journal of Wine Research*, 8, 19-20, 1997.
64. Katalinić V, Milos M, Modun D, Musić I, Boban M: Antioxidant effectiveness of selected wines in comparison with (+)-catechin. *Food Chemistry*, 86, 593-600, 2004.
65. Kazazić SP: Antioksidacijska i antiradikalska aktivnost flavonoida. *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, 55, 279-290, 2004.
66. Keeney Jeriel TR, Förster S, Sultana R, Brewer LD, Latimer CS, Cai J, Klein JB, Porter NM, Butterfield DA : Dietary vitamin D deficiency in rats from middle to old age leads to elevated tyrosine nitration and proteomics changes in levels of key proteins in brain: Implications for low vitamin D-dependent age-related cognitive decline. *Free Radical Biology and Medicine*, 65, 324-334, 2013.
67. Kendall Cyril WC, Esfahani A, Jenkins David JA: The link between dietary fibre and human health. *Food Hydrocolloids*, 24(1), 42-48, 2010.
68. Kenjerić D: Određivanje botaničkog podrijetla nekih vrsta monoflornog meda na temelju flavonoidnog profila dobivenog RP-HPLC metodom. *Disertacija*. Prehrambeno – biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2004.
69. Kesby JP, Eyles DW, Burne TH, McGrath JJ: The effects of vitamin D on brain development and adult brain function. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 347(1-2), 121-127, 2011.
70. Kidd PM: Alzheimer's disease, amnesic mild cognitive impairment and age associated memory impairment: current understanding and progress toward integrative prevention. *Alternative Medicine Review*, 13, 85-115, 2008.
71. Kidd PM: Omega-3 DHA and EPA for Cognition, Behavior, and Mood: Clinical Findings and Structural-Functional Synergies with Cell Membrane Phospholipids. *Alternative Medicine Review* 12(3), 207-227, 2007.
72. Knežević, Z: Kontaminacija hrane organskim štetnim tvarima. *Hrvatski časopis za javno zdravstvo*, 3, 2007.
73. Krstinić S: *Neuronutricionizam: prehrana prema emocijama*. VEBLE commerce, Zagreb, 2009.
74. Laidlaw SA, Grosvenor M, Kopple JD: The taurine content of common foodstuffs. *Journal of Parenteral & Enteral Nutrition*, 14(2), 183-188, 1990.
75. Lallemand F and De Witte P: Taurine concentration in the brain and in the plasma following intraperitoneal injections. *Amino acids*, 26, 111-116, 2004.

76. Leung AM, Pearce EN, Braverman LE: Iodine Nutrition in Pregnancy and Lactation. *Endocrinology and Metabolism Clinics of North America*, 40(4), 765-777, 2011.
77. Linster CL, Van Schaftingen E: Vitamin C biosynthesis, recycling, and degradation in mammals. *FEBS J, Federation of European Biochemical Societies Journal*, 274, 1-22, 2007.
78. Mandić ML: *Znanost o prehrani: hrana i prehrana u čuvanju zdravlja*. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno tehnološki fakultet, Osijek, 2007.
79. Manzi P i Pizzoferrato L: Taurine in milk and yoghurt marketed in Italy. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 64(1), 112-116, 2013.
80. Maršić N: Antioksidans s brojnim ulogama. *Vaše zdravlje, vodič za zdraviji život*, 70, 2010.
81. McCann JC, Hudes M and Ames BN: An overview of evidence for a causal relationship between dietary availability of choline during development and cognitive function in offspring. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 30, 696-712, 2006.
82. Meck WH, Williams CL, Cermak JM, Blusztajn JK: Developmental periods of choline sensitivity provide an ontogenetic mechanism for regulating memory capacity and age-related dementia. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 1(7) 1-11, 2008.
83. Meck WH, Williams CL: Metabolic imprinting of choline by its availability during gestation: Implications for memory and attentional processing across the lifespan. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 27, 385-399, 2003.
84. Medić – Šarić M, Buhač I, Brada – mante V: *Vitamini i minerali: Istine i predrasude*. Hoffman LaRoche, Zagreb, 2000.
85. Mellott TJ, Williams CL, Meck WH, Blusztajn JK: Prenatal choline supplementation advances hippocampal development and enhances MAPK and CREB activation. *The Journal of the Federation of American Societies for Experimental Biology*, 18, 545-547, 2004.
86. Ministarstvo zdravlja i socijalne skrbi. PRILOG II LISTA ODOBRENIH ZDRAVSTVENIH TVRDNJI, [http://www.mzss.hr/layout/set/print/zdravstvo\\_i\\_socijalna\\_skrb/hrana/zdravstvene\\_tvrdnje/lista\\_odobrenih\\_zdravstvenih\\_tvrdnji](http://www.mzss.hr/layout/set/print/zdravstvo_i_socijalna_skrb/hrana/zdravstvene_tvrdnje/lista_odobrenih_zdravstvenih_tvrdnji) [20.08.2013.]
87. Mischoulon D and Raab MF: The role of folate in depression and dementia. *Journal of Clinical Psychiatry*, 68(10), 28-33, 2007.
88. Montignac M: *Glikemijski indeks*, 2013. <http://www.montignac.com/en/search-for-a-specific-glycemic-index/> [05.07.2013.]
89. Montignac M: *Glikemijski indeks*. Naklada Zadro, Zagreb, 2009.
90. Mudnic I, Budimir D, Modun D, Gunjaca G, Generalic I, Skroza D, Katalinic V, Ljubenkov I, Boban M: Antioxidant and Vasodilatory Effects of Blackberry and Grape Wines. *Journal of Medicinal Food*, 15(3), 315-321, 2012.

91. Nakashima Amy S, Dyck Richard H: Zinc and cortical plasticity. *Brain Research Reviews*, 59(2), 347-373, 2009.
92. Nehlig A, Daval JL, Debry G: Caffeine and the central nervous system: mechanisms of action, biochemical, metabolic and psychostimulant effects. *Brain Research Reviews*, 17(2), 139-170, 1992.
93. Niki E: Role of vitamin E as a lipid-soluble peroxy radical scavenger: in vitro and in vivo evidence. *Free Radical Biology and Medicine*, (02.04.2013.).
94. Nilsson K, Gustafson L and Hultberg B: Improvement of cognitive functions after cobalamin/folate supplementation in elderly patients with dementia and elevated plasma homocysteine. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 16, 609-614, 2001.
95. Oboh G, Akinyemi AJ, Ademiluyi AO: Antioxidant and inhibitory effect of red ginger (*Zingiber officinale* var. *Rubra*) and white ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) on Fe<sup>2+</sup> induced lipid peroxidation in rat brain in vitro. *Experimental and Toxicologic Pathology*, 64(1-2), 31-36, 2012.
96. Page KA i sur.: Effects of fructose versus glucose on regional cerebral blood flow in brain regions involved with appetite and reward pathways. *The Journal of the American Medical Association*, 309(1), 63-70, 2013.
97. Paoletti R, Poli A, Conti A, Visioli F, eds. *Chocolate and Health*. Springer, Milan, 2012.
98. Papandreou MA, Dimakopoulou A, Linardaki ZI, Cordopatis P, Klimis-Zacas D, Margarity M, Lamari FN : Effect of a polyphenol-rich wild blueberry extract on cognitive performance of mice, brain antioxidant markers and acetylcholinesterase activity. *Behavioural Brain Research*, 198(2), 352-358, 2009.
99. Parker G, Brotchie H: Mood effects of the amino acids tryptophan and tyrosine. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 124, 417-426, 2011.
100. Parker G, Parker I, Brotchie H: Mood state effects of chocolate. *Journal of Affective Disorders*, 92, 149-159, 2006.
101. Pasco JA, Jacka FN, Williams LJ, Evans-Cleverdon M, Brennan SL, Kotowicz MA, Nicholson GC, Ball MJ, Berk M: Dietary selenium and major depression: a nested case-control study. *Complementary Therapies in Medicine*, 20(3), 119-123, 2012.
102. Pearce EN: Effects of iodine deficiency in pregnancy. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 26(2-3), 131-133, 2012.
103. Pepeu G, Pepeu IM and Amaducci L: A review of phosphatidylserine pharmacological and clinical effects. Is phosphatidylserine a drug for the ageing brain? *Pharmacological Research*, 33, 73-80, 1996.
104. Persad LAB. Energy drinks and the neurophysiological impact of caffeine. *Frontiers in Neuroscience*, 5, 116, 2011.



105. Pocernich C, Butterfield DA, Head E: Chapter 20 - Diet and Brain Aging: Effects on Cell and Mitochondrial Function and Structure. *Bioactive Food as Dietary Interventions for the Aging Population*, p. 249-262, Elsevier, 2013.
106. Purnell JQ, Fair DA: Fructose ingestion and cerebral, metabolic, and satiety responses. *JAMA, The Journal of the American Medical Association*, 309(1), 85-86, 2013.
107. Rawel HM and Kulling SE. Nutritional contribution of coffee, cacao and tea phenolics to human health. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 2, 399-406, 2007.
108. Riordan HD, Mikirova N, Taylor PR, Feldkamp CA, Casciari JJ: The Effects of a Primary Nutritional Deficiency (Vitamin B Study). *Food and Nutrition Sciences*, 2012(3), 1238-1244, 2012.
109. Saarela M: Functional Food and Cognition. In *Functional Foods: Concept to product*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 2011.
110. Şahin E, Gümüşlü S: Alterations in brain antioxidant status, protein oxidation and lipid peroxidation in response to different stress models. *Behavioural Brain Research*, 155(2), 241-248, 2004.
111. Sandstead HH: Subclinical zinc deficiency impairs human brain function. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 26(2-3), 70-73, 2012.
112. Sandstrom NJ, Loy R, Williams CL: Prenatal choline supplementation increases NGF levels in the hippocampus and frontal cortex of young and adult rats. *Brain Research*, 947, 9-16, 2002.
113. Santos D, Milatovic D, Andrade V, Batoreu MC, Aschner M, dos Santos Marreilha AP: The inhibitory effect of manganese on acetylcholinesterase activity enhances oxidative stress and neuroinflammation in the rat brain. *Toxicology*, 292(2-3), 90-98, 2012.
114. Schafer S, Takahashi K and Azuma J: Role of osmoregulation in the actions of taurine. *Amino acids*, 19, 527-546, 2000.
115. Schnorr CE, da Silva Morrone M, Simões-Pires A, da Rocha RF, Behr GA, Moreira JCF: Vitamin A supplementation in rats under pregnancy and nursing induces behavioral changes and oxidative stress upon striatum and hippocampus of dams and their offspring. *Brain Research*, 1369, 60-73, 2011.
116. Shearer KD, Stoney PN, Morgan PJ, McCaffery PJ: A vitamin for the brain. *Trends in Neurosciences*, 35(12), 733-741, 2012.
117. Shils ME, Olson JA and Shike M: *Modern nutrition in health and disease. 8th Edition*, Vol 1-2, Williams & Wilkins, Waverly Company, Baltimore, 1994.

118. Skrzydlewska E, Augustyniak A, Michalak K, Farbiszewski R: Green tea supplementation in rats of different ages mitigates ethanol-induced changes in brain antioxidant abilities. *Alcohol*, 37(2), 89-98, 2005.
119. Slutsky I, Abumaria N, Wu LJ, Huang C, Zhang L, Li B, Zhao X, Govindarajan A, Zhao MG, Zhuo M, Tonegawa S and Liu G: Enhancement of Learning and Memory by Elevating Brain Magnesium. *Neuron*, 65, 165–177, 2010.
120. Smeland OB, Meisingset TW, Borges K, Sonnewald U: Chronic acetyl-L-carnitine alters brain energy metabolism and increases noradrenaline and serotonin content in healthy mice. *Neurochemistry International*, 61(1), 100–107, 2012.
121. Smit HJ, Gaffan EA, Rogers PJ: Methylxanthines are the psychopharmacologically active constituents of chocolate. *Psychopharmacology*, 176, 412–419, 2004.
122. Snel J, Lorist MM: Chapter 6 – Effects of caffeine on sleep and cognition. *Progress in Brain Research*, 190, 105–117, 2011.
123. Sommer, E: *Food and Mood: The Complete Guide to Eating Well and Feeling Your Best*. Henry Holt, New York, 1995.
124. Souci SW, Fachmann W i Kraut H: *Food Composition and Nutrition Tables*. Medpharm Scientific Publishers, Stuttgart, 2008.
125. Sović I: Jagode i bobičasto voće odlikuju antioksidativna i protuupalna svojstva. *ADIVA PLUS*, 105, 16-16, 2013.
126. Sović I: Krumpir i slatki krumpir pravilnom pripremom postaju zdrave namirnice. *ADIVA PLUS*, 103, 16-16, 2013.
127. Sović I: Med – ljekovita hrana bogova. *ADIVA PLUS*, 101, 16-16, 2013.
128. Sović I: Plava riba – najbolji izvor omega-3 masnih kiselina. *ADIVA PLUS*, 104, 16-16, 2013.
129. Strelec I: *Biokemija: Biološke membrane i membranski transport*. Prehrambeno - tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2013.
130. Sun SW, Yu HQ, Zhang H, Zheng HY, Wang JJ, Luo L: Quercetin attenuates spontaneous behavior and spatial memory impairment in d-galactose-treated mice by increasing brain antioxidant capacity. *Nutrition Research*, 27(3), 169-175, 2007.
131. Surén P, Roth C, Bresnahan M, Haugen M, Hornig M, Hirtz D, Lie KK, Lipkin WI, Magnus P, Reichborn-Kjennerud T, Schjølberg S, Davey Smith G, Øyen AS, Susser E, Stoltenberg C: Association between maternal use of folic acid supplements and risk of autism spectrum disorders in children. *JAMA, The Journal of the American Medical Association*, 309(6), 570-577, 2013.
132. Szewczyk B, Kubera M, Nowak G: The role of zinc in neurodegenerative inflammatory pathways in depression. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 35(3), 693-701, 2011.

133. Trumpff C, De Schepperc J, Tafforeau J, Van Oyena H, Vanderfaillied J, Vandevijvere S: Mild iodine deficiency in pregnancy in Europe and its consequences for cognitive and psychomotor development of children: A review. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 27, 174–183, 2013.
134. Tudor I: Prirodna antioksidativna snaga. *Vaše zdravlje, vodič za zdraviji život*, 89, 2013.
135. Untoro J, Timmer A, Schultink W: The challenges of iodine supplementation: a public health programme perspective. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, 24(1), 89-99, 2010.
136. Vaynman S and Gomez-Pinilla F: Revenge of the “sit”: how lifestyle impacts neuronal and cognitive health through molecular systems that interface energy metabolism with neuronal plasticity. *Journal of Neuroscience Research*, 84, 699–715, 2006.
137. Vilić M: *Središnji živčani sustav – ustrojstvo i funkcije*. Katedra za neuroznanost, Medicinski fakultet Split, Split, 2013.
138. Vlastnik S: Utjecaj razlika tehnoloških postupaka na kakvoću mliječne čokolade. *Diplomski rad*. Prehrambeno tehnološki fakultet Osijek, Osijek, 2002.
139. Volpe PE: The Nerve Cell and Muscle Excitability. In *Biology and Human Concerns*. Wm.C.Brown Publishers, Dubuque, 1993.
140. Warburton DM, Beisellini E and Sweeney E: An evaluation of a caffeinated taurin drink on mood, memory and information processing in healthy volunteers without caffeine abstinence. *Psychopharmacology*, 158, 322-328, 2001.
141. Webb GP: The individual vitamins. In *Dietary Supplements and Functional Foods*. Blackwell Publishing, London, 2006.
142. Weinreb O, Mandel S, Youdim Moussa BH, Amit T: Targeting dysregulation of brain iron homeostasis in Parkinson's disease by iron chelators. *Free Radical Biology and Medicine*, 62, 52-64, 2013.
143. Wenk GL: *Your Brain on Food: How Chemicals Control Your Thoughts and Feelings*. Oxford University Press, Columbus, 2010.
144. WHO, World Health Organization. Children's exposure to mercury compounds. Geneva, 2010.
145. WHO, World Health Organization. Exposure to Mercury: A Major Public Health Concern, Geneva, 2007.
146. Wills J: *The Food Bible*, Quadrille Publishing Limited, London, 2007.
147. Yurko-Mauro K i sur.: Beneficial Effects of Docosahexaenoic Acid on Cognition in Age-Related Cognitive Decline. *Alzheimer's and Dementia*, 6(6), 456–64, 2010.

148. Zanotti A, Valzelli L and Toffano G: Chronic phosphatidylserine treatment improves spatial memory and passive avoidance in aged rats. *Psychopharmacology*, 99, 316-321, 1989.
149. Zarindast M, Nasehi M, Hoseinpoufard M: A Mini Review of Serotonin and Its Receptors. *International Journal of Medical Reviews*, 1(1), 39-45, 2014.
150. Zimmermann MB: The role of iodine in human growth and development. *Seminars in Cell & Developmental Biology*, 22(6), 645-652, 2011.