

**Sveučilište u Zagrebu**  
**Prehrambeno-biotehnološki fakultet**  
**Preddiplomski studij Nutricionizam**

**Maša Srdić**

6979/N

**PROCJENA UNOSA LUTEINA I ZEAKSANTINA**  
**U STUDENTSKOJ POPULACIJI**

**ZAVRŠNI RAD**

**Predmet:** Fitokemikalije u zaštiti zdravlja

**Mentor:** doc. dr. sc. *Martina Bituh*

**Zagreb, 2017.**

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

**Sveučilište u Zagrebu**  
**Prehrambeno-biotehnološki fakultet**  
**Preddiplomski sveučilišni studij Nutricionizam**

**Zavod za poznavanje i kontrolu sirovina i prehrambenih proizvoda**  
**Laboratorij za kemiju i biokemiju hrane**

**Znanstveno područje: Biotehničke znanosti**  
**Znanstveno polje: Nutricionizam**

### **Procjena unosa luteina i zeaksantina u studentskoj populaciji**

*Maša Srdić, 0177041502*

#### **Sažetak:**

Razdoblje studiranja predstavlja prekretnicu u životu većine studenata i često rezultira promjenama životnih navika, što se odražava i na kvalitetu prehrane. Redovita konzumacija voća i povrća temelj je pravilne prehrane i prevencije razvoja kroničnih bolesti što se pripisuje i prisutnim fitokemikalijama. Lutein i zeaksantin glavni su karotenoidi u ljudskom organizmu. Njihova prisutnost u ljudskom organizmu u cijelosti je posljedica konzumacije namirnica biljnog porijekla. Cilj rada bio je procijeniti dnevni unos luteina i zeaksantina u studentskoj populaciji. U istraživanju je sudjelovalo 149 ispitanika, a podaci su prikupljeni putem upitnika o učestalosti konzumacije hrane (FFQ). Veći unos luteina i zeaksantina među ispitanicima ostvaren je konzumacijom povrća (95%) nego voća (5%). Utvrđen prosječan unos luteina i zeaksantina među studentima od  $3088,3 \pm 2487,2$   $\mu\text{g}/\text{dan}$  nije dostatan za ostvarenje povoljnog učinka ovih fitokemikalija na zdravlje koji se ostvaruje unosom od 6000  $\mu\text{g}/\text{dan}$ , stoga je potrebno je povećati unos voća i povrća bogatih luteinom i zeaksantinom.

**Ključne riječi:** fitokemikalije, karotenoidi, lutein, zeaksantin

**Rad sadrži:** 29 stranica, 11 slika, 4 tablice, 47 literaturnih navoda

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Rad je u tiskanom i elektroničkom obliku pohranjen u knjižnici Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb**

**Mentor:** doc. dr. sc. Martina Bituh

**Pomoć pri izradi:** dr.sc. Sandra Pedisić

**Datum obrane:** 8. rujna 2017.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Bachelor thesis

**University of Zagreb**  
**Faculty of Food Technology and Biotechnology**  
**University undergraduate study Nutrition**

**Department of Food Quality Control**  
**Laboratory for Food Chemistry and Biochemistry**

**Scientific area: Biotechnical Sciences**  
**Scientific field: Nutrition**

### **Evaluation of lutein and zeaxanthin intake among students**

*Maša Srdić, 0177041502*

#### **Abstract:**

The study period represents a milestone in the lives of most students and often results in changes in life habits, which is reflected in the quality of nutrition. Regular consumption of fruit and vegetables is the foundation for proper nutrition and prevention of chronic diseases, which is attributed also to the present phytochemicals. Lutein and zeaxanthin are the main carotenoids in the human body. Their presence in the human body is entirely a consequence of the consumption of foods of plant origin. The aim of the study was to evaluate the daily intake of lutein and zeaxanthin among students. In the research, 149 students participated, and data were collected through a Food Frequency Questionnaire (FFQ). Greater intake of lutein and zeaxanthin among the students was achieved by eating vegetables (95%) than fruits (5%). The average intake of lutein and zeaxanthin among students of  $3088.3 \pm 2487.2$   $\mu\text{g}/\text{day}$  is not sufficient to achieve the beneficial effect of these phytochemicals on health, which is achieved by the intake of  $6000$   $\mu\text{g}/\text{day}$ , therefore it is necessary to increase the intake of fruits and vegetables which is rich in lutein and zeaxanthin.

**Keywords:** carotenoids, lutein, phytochemicals, zeaxanthin

**Thesis contains:** 29 pages, 11 figures, 4 tables, 47 references

**Original in:** Croatian

**Thesis is in printed and electronic form deposited in the library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Kačićeva 23, 10 000 Zagreb**

**Mentor:** Martina Bituh, PhD, Assistant Professor

**Technical support and assistance:** Sandra Pedisić, PhD

**Defence date:** 8<sup>th</sup> September, 2017

## Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO.....	2
2.1. Fitokemikalije.....	2
2.1.1. Preporuke za unos fitokemikalija.....	3
2.2. Karotenoidi.....	4
2.2.1. Sastav karotenoida u hrani .....	6
2.3. Lutein i zeaksantin .....	7
2.4. Uloga luteina i zeaksantina u zdravlju ljudi.....	8
2.4.1. Uloga luteina i zeaksantina u zdravlju očiju.....	8
2.4.1.1. Lutein i zeaksantin kao "unutarnje sunčane naočale" .....	10
2.4.1.2. Senilna makularna degeneracija .....	10
2.4.1.3. Katarakta .....	11
2.4.2. Utjecaj unosa luteina i zeaksantina na kognitivne funkcije starijih osoba .....	12
2.4.3. Uloga luteina i zeaksantina u zdravlju imunskog sustava .....	13
2.4.4. Utjecaj luteina i zeaksantina na zdravlje kardiovaskularnog sustava .....	13
2.4.5. Antikarcinogeno djelovanje luteina .....	13
2.4.6. Uloga luteina i zeaksantina u zdravlju kože.....	14
3. EKSPERIMENTALNI DIO.....	15
3.1. Ispitanici i metode.....	15
3.1.1. Ispitanici.....	15
3.1.2. Metode.....	15
3.1.2.1. Dijetetičke metode .....	15
3.1.2.2. Statističke metode.....	18
4. REZULTATI I RASPRAVA .....	18
5. ZAKLJUČAK.....	24
6. POPIS LITERATURE.....	25

## 1. UVOD

Redovita konzumacija voća, povrća, cjelovitih žitarica i druge hrane biljnog porijekla smatra se ključnom komponentom pravilne prehrane i prevencije razvoja kroničnih bolesti (Liu, 2003; Slavin i Lloyd, 2012; Liu, 2013; Wang i sur., 2014). Takav način prevencije je neinvazivna, održiva i troškovno učinkovita strategija za odgađanje pojave i/ili napredovanja bolesti na populacijskoj osnovi (Granado, 2003). Sve je više znanstvenih dokaza da su za povoljne zdravstvene učinke voća, povrća, cjelovitih žitarica i druge biljne hrane odgovorne fitokemikalije, odnosno interakcije fitokemikalija i drugih hranjivih tvari iz cjelovite hrane biljnog porijekla (Liu, 2013). Upravo zato, veoma je važan adekvatan unos različitog voća i povrća već u mlađoj životnoj dobi, ali i tijekom cijelog života. Često konzumirano povrće poput rajčica, špinata, mrkve, tikvica; te voće poput naranči, mandarina, breskvi, ima visok sadržaj karotenoida, spojeva koje ljudski organizam ne može sintetizirati (Liu, 2013). Lutein i zeaksantin su glavni karotenoidi u ljudskoj krvi i tkivima (Sies i Stahl, 2003). Obzirom da su ovi karotenoidi učinkoviti antioksidansi, njihov prehrambeni unos može imati zaštitni učinak i doprinijeti prevenciji razvoja kroničnih bolesti (Chucair i sur., 2007). Rezultati raznih istraživanja provedenih na ljudima pokazuju da povećan prehrambeni unos luteina i zeaksantina, kroz povećanu konzumaciju voća i povrća te drugih namirnica biljnog porijekla koje su njihovi izvori, može dovesti do akumulacije luteina i zeaksantina u tkivima i poboljšati zdravlje očiju i mozga, ali i cijelog ljudskog organizma (Johnson, 2014). Potaknuto time, provedeno je istraživanje s ciljem procjene dnevnog unosa luteina i zeaksantina u studentskoj populaciji. Upis studija i razdoblje studiranja predstavlja prekretnicu u životu većine studenata koji su tada suočeni s većom samostalnošću što zahtijeva i veću odgovornost. Posljedice navedenog jesu promjena životnih navika, a time i prehrambenih navika. Usvajanje pravilnih prehrambenih navika pozitivno utječe na zdravlje i ključno je za prevenciju kroničnih nezaraznih bolesti u kasnijim fazama života. Unos luteina i zeaksantina procijenjen je na temelju upitnika o učestalosti konzumiranja hrane i pića (FFQ) provjerene reproducibilnosti i valjanosti. Podaci su zatim analizirani obzirom na spol, stupanj uhranjenosti i pušenje cigareta, s hipotezom da se unos luteina i zeaksantina razlikuje među skupinama.

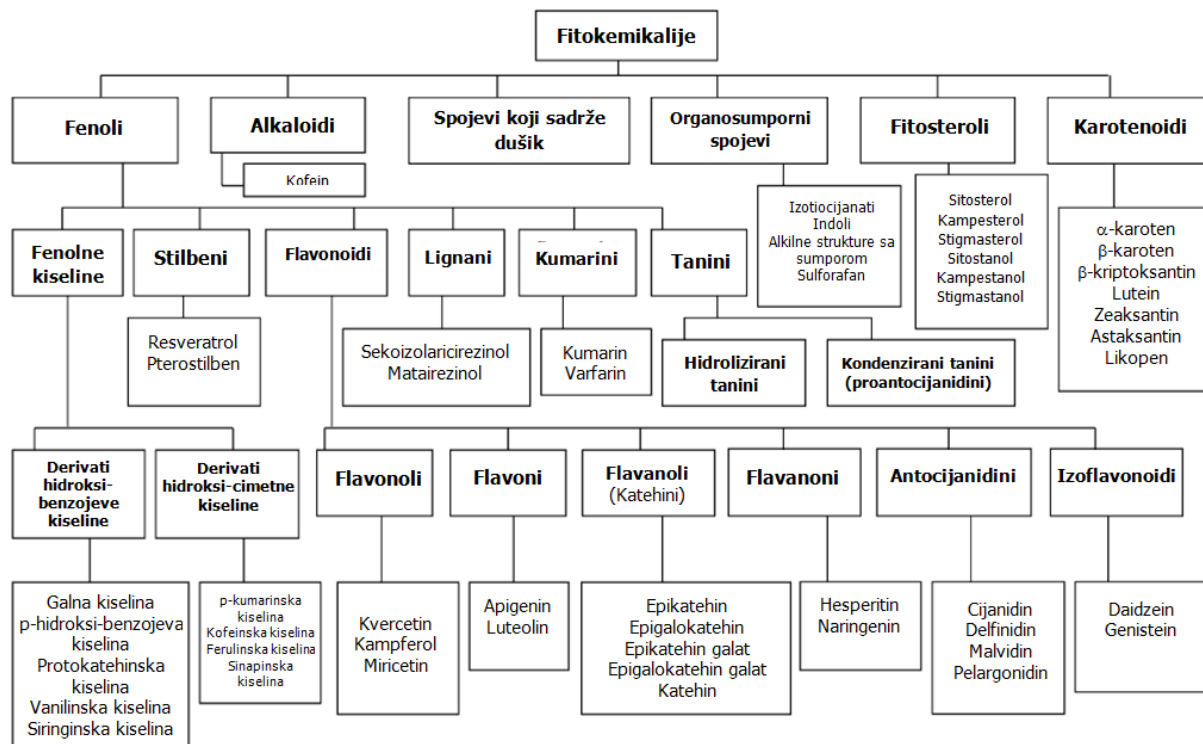
## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. Fitokemikalije

Fitokemikalije su sekundarni biljni metaboliti koji se definiraju kao bioaktivne, ne-hranjive komponente voća, povrća, žitarica i druge hrane biljnog porijekla (Liu, 2004). Ljudski organizam ne može sintetizirati fitokemikalije, stoga se moraju unijeti hranom, ali ne smatraju se esencijalnim nutrijentima. Procjenjuje se da je više od 5000 fitokemikalija identificirano u voću, povrću i žitaricama, no veliki broj još uvijek nije identificiran (Liu, 2004). Iako nisu točno poznati svi mehanizmi djelovanja, smatra se da fitokemikalije posjeduju antioksidativno, antikancerogeno, antimikrobno, protuupalno i imunomodulacijsko djelovanje te utječu na snižavanje razine kolesterola (Craig, 1997; Caballero, 2012). Upravo zbog takvih aktivnosti, fitokemikalije se povezuju s mnogim pozitivnim učincima na ljudsko zdravlje, uključujući prevenciju ili odgađanje pojave bolesti kardiovaskularnog sustava, dijabetesa, katarakte, makularne degeneracije, pretilosti i mnogih drugih kroničnih bolesti (Hounsome i sur., 2008). Prema tome, pojam "fitokemikalije" ne odnosi se na spojeve koji se koriste u liječenju osnovne akutne bolesti, već na tvari koje imaju zaštitno djelovanje protiv razvoja degenerativnih bolesti kroz životni vijek (Dreosti, 2000). Osim kod ljudi, fitokemikalije imaju zaštitnu ulogu i u biljkama u kojima se nalaze. Sadržaj fitokemikalija u biljkama utječe na boju biljki i plodova, također štite biljke od biljojeda i mikroorganizama, privlače oprašivače te djeluju kao signale molekule u uvjetima opasnosti (Hounsome i sur., 2008). Povoljno djelovanje fitokemikalija zapravo proizlazi iz kombiniranog sastava fitokemikalija u biljnoj hrani, i pripisuje se njihovim sinergističkim učincima. To objašnjava zašto niti jedna fitokemikalija u obliku dodatka prehrani ne može zamijeniti kombinaciju prirodnih fitokemikalija u voću i povrću u cilju postizanja pozitivnog učinka na zdravlje. Znanstveni dokazi pokazuju da se bioaktivni spojevi najbolje dobivaju kroz cjelovitu hranu (Liu, 2004). Budući da se sadržaj i omjer fitokemikalija razlikuje obzirom na vrstu biljne hrane, preporuka je dnevno konzumirati raznovrsno voće i povrće (Liu, 2013). Također, ovi se spojevi razlikuju i po veličini molekula, polarnosti i topljivosti, što može utjecati na bioraspoloživost i distribuciju svakog pojedinog spoja u različitim makromolekulama, subcelularnim organelima, stanicama, organima i tkivima (Liu, 2004).

Fitokemikalije se mogu podijeliti u najvažnije opće skupine kao što su fenoli, alkaloidi, spojevi koji sadrže dušik, organosumporni spojevi, fitosteroli i karotenoidi (Slika 1).

Najčešće ispitivane skupine fitokemikalija koje imaju pozitivan utjecaj na zdravlje i dobrobit ljudi su fenoli i karotenoidi (Liu, 2013).



Slika 1. Klasifikacija prehrambenih fitokemikalija (Liu, 2013)

### 2.1.1. Preporuke za unos fitokemikalija

Preporučeni prehrambeni unos (RDI) jest razina unosa važnih hranjivih tvari koje se smatraju adekvatnima za zadovoljenje poznatih prehrambenih potreba zdrave populacije. Da bi se smatrala važnom hranjivom tvari, komponenta hrane mora biti pojedinačno identificirani spoj, treba imati dokazanu ključnu biološku ulogu i karakteristični sindrom deficijencije, od kojih bi oboje trebali pokazivati odgovor na prehrambene manipulacije, a također se koriste kao osnova za postavljanje RDI. Obzirom na te uvjete, određivanje RDI za fitokemikalije je problematično zbog velikog broja kemijski različitih fitokemikalija za koje je teško odrediti točne mehanizme djelovanja i pojedinačne svojstvene fiziološke uloge, te zbog izostanka prepoznatljivog sindroma deficijencije u ljudskom organizmu (Dreosti, 2000).





Prirodne funkcije i djelovanja karotenoida određene su fizikalnim i kemijskim svojstvima tih molekula, a ta svojstva ovise o molekularnoj strukturi. Karotenoidi su hidrofobne molekule većinom slabo ili nimalo topljive u vodi, ali dobro topljive u mastima i organskim otapalima (Britton, 1995). Karotenoidi se nalaze u kloroplastima biljaka, subcelularnim strukturama u citoplazmi biljnih stanica, a njihova kemijska i fizikalna svojstva su pod jakim utjecajem drugih molekula u njihovoj blizini, posebice proteina i membranskih lipida (Britton, 1995). Karotenoidi se u ljudski organizam moraju unijeti hranom biljnog porijekla, obzirom da u ljudskom organizmu nije moguća biosinteza karotenoida. U manjoj mjeri karotenoidi također mogu biti prisutni u mesu peradi, jajima i ribi, jer se te životinje hrane biljnom hranom i algama koje sadrže karotenoide, a koji se nakon unosa apsorbiraju te akumuliraju u životinjskim tkivima u izvornom obliku ili malo modificirani (Voutilainen i sur., 2006; Rodriguez-Amaya, 2001). Biosinteza karotenoida u biljkama važna je za rast i razvoj biljaka jer karotenoidi imaju važnu ulogu u fotosintezi, skupljanju svjetlosti i prijenosu energije, kao prekursori fitohormona i sprječavanju oštećenja nastalih djelovanjem svjetlosti i zračenja, tzv. fotooksidativnih oštećenja biljke prilikom kojih nastaju reaktivne kisikove vrste (Hounsome i sur., 2008; Liu, 2013). Zahvaljujući svojoj snažnoj antioksidativnoj aktivnosti karotenoidi imaju sposobnost uklanjanja reaktivnih kisikovih vrsta, pogotovo singletnog oblika kisika koji nastaje izlaganjem biljnih tkiva svjetlosti i zračenjima. Karotenoidi mogu reagirati sa slobodnim radikalima i sami postati radikali, no karotenoidni radikali su stabilizirani delokalizacijom nesparenih elektrona u konjugiranom poliizoprenskom lancu u molekuli (Liu, 2013). Karotenoidi s provitaminskom aktivnošću, karoteni, ključni su sastojci ljudske prehrane jer oni u životinjskom organizmu prelaze u vitamin A, odnosno retinol. Stoga, nedostatak karotenoida u ljudskoj prehrani može dovesti primjerice do kseroftalmije ili prerane smrti. Prehrana bogata karotenoidima povezana je sa značajnim smanjenjem rizika za određene bolesti (npr. određene vrste karcinoma, kardiovaskularnih bolesti i makularne degeneracije) jer, djelujući kao biološki antioksidansi, karotenoidi štite stanice i tkiva od oksidativnih oštećenja (Hounsome i sur., 2008). Te biološke funkcije karotenoida, tj. antioksidacijska svojstva odnosno sposobnost deaktivacije slobodnih radikala, neovisne su o provitaminskoj aktivnosti karotenoida. Sposobnost karotenoida da deaktiviraju slobodne radikale pripisuje se središnjem konjugiranom dijelu molekule s dvostrukim vezama. Najveću antioksidacijsku aktivnost imaju oni karotenoidi koji imaju devet ili više dvostrukih veza u središnjem konjugiranom dijelu molekule (Rodriguez-Amaya, 2001). Također, sve je više dokaza da bi veći unos karotenoida putem biljne hrane kod majki tijekom trudnoće i dojenja mogao imati zdravstvene prednosti i za majku i za novorođenčad (Cena i sur., 2008). Upravo zbog svojih jedinstvenih fizioloških funkcija kao provitamina i

snažnog antioksidacijskog djelovanja u ljudi, karotenoidi su privukli mnogo pažnje među znanstvenicima (Liu, 2013).

Obzirom da su karotenoidi općenito hidrofobni, odnosno lipofilni spojevi, to znači da nisu topljivi u vodenom mediju kakav je u ljudskom probavnom sustavu, zbog čega apsorpcija karotenoida iz prehrane slijedi put apsorpcije lipofilnih hranjivih tvari. Da bi se fiziološki učinci karotenoida mogli ostvariti, karotenoidi se moraju osloboditi iz hrane kako bi se mogli apsorbirati i transportirati u krvotok. Taj se proces odvija u probavnom sustavu. Nakon probave i oslobađanja iz hrane, u lumenu crijeva karotenoidi se ugrađuju u micide formirane od žučnih soli, fosfolipida i prehrambenih lipida. Nastale micide apsorbiraju se pasivnim transportom iz lumena crijeva u enterocite, gdje se karotenoidi zajedno s drugim prehrambenim komponentama topljivim u mastima ugrađuju u kilomikrone što im omogućava daljnji transport u jetru te konačno u krvotok. U krvi se lutein i zeaksantin transportiraju lipoproteinima (Granado, 2003; Stahl, 2005; Abdel-Aal i sur., 2013). Međutim, dim cigareta ima destruktivan učinak na karotenoide i lipoproteine u krvnoj plazmi, što utječe na koncentracije karotenoida u krvi (Rock i sur., 2002).

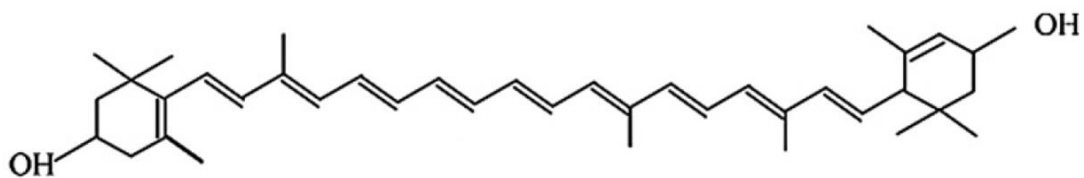
### **2.2.1. Sastav karotenoida u hrani**

Sastav karotenoida u hrani pod utjecajem je raznih čimbenika, kao što su vrsta ili sorta biljke, dio biljke koji se konzumira, stupanj zrelosti, okolišni uvjeti uzgoja biljke, uvjeti tijekom i poslije branja. Također, karotenoidi nisu ravnomjerno raspoređeni u svim dijelovima biljke; u kori su pronađene veće koncentracije karotenoida nego u pulpi voća i povrća. U biljkama koje sadrže karotenoide, mehaničko procesiranje poput rezanja i guljenja uzrokuje povećanje količine karotenoida, uslijed raspadanja klorofila te transformacije kloroplasta u kromoplaste čime se oslobađaju karotenoidi (Rodriguez-Amaya, 2001). Unatoč velikoj raznolikosti karotenoida, samo oko 50 karotenoida koje nalazimo u hrani biljnog porijekla mogu se apsorbirati i metabolizirati u ljudskom organizmu. Nadalje, samo 5 ili 6 karotenoida rutinski se mjeri u hrani te ljudskom krvnom serumu i tkivima (Granado, 2003). Većina radova koji prikazuju podatke o karotenoidima u hrani ograničeni su na karotenoide koji imaju aktivnost provitamina A, najčešće  $\beta$ -karoten (Rodriguez-Amaya, 2001). Međutim, među najčešće konzumiranim karotenoidima su i ksantofili lutein i zeaksantin (Voutilainen i sur., 2006).

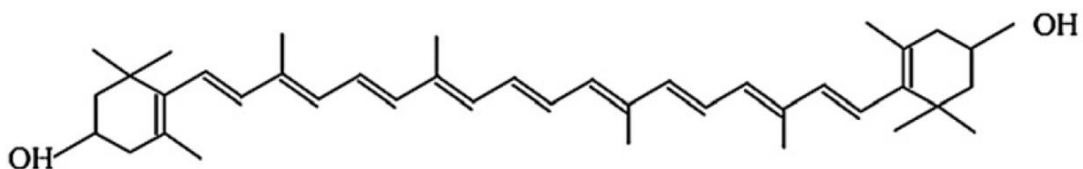
### 2.3. Lutein i zeaksantin

Ksantofili lutein (Slika 4) i zeaksantin (Slika 5) su glavni karotenoidi u ljudskoj krvi i tkivima, ali ne doprinose opskrbi organizma vitaminom A. Ovi karotenoidi nalaze se u različitom voću i povrću, a posebno bogati luteinom i zeaksantinom su zeleno lisnato povrće poput špinata, kelja, zelene salate, zatim brokula, kukuruz, bundeva, grašak (Sies i Stahl, 2003). Pronađeno je da i drevna vrsta pšenice, *einkorn*, sadrži relativno visoke razine luteina i zeaksantina (Abdel-Aal i sur., 2013).

Lutein i zeaksantin su polarniji od drugih karotenoida zbog prisutnosti hidroksilnih skupina u strukturi (Mares-Perlman i sur., 2002; Abdel-Aal i sur., 2013). Međusobno se strukturno razlikuju prema vrsti iononskog prstena. Lutein sadrži  $\beta$ -iononski prsten i  $\epsilon$ -iononski prsten, dok zeaksantin ima dva  $\beta$ -iononska prstena. Lutein i zeaksantin su strukturni izomeri, ali ne i stereoizomeri jer imaju različit položaj dvostruke veze u krajnjem prstenu (Abdel-Aal i sur., 2013). Zbog jedinstvenih krajnjih funkcionalnih skupina, ovi karotenoidi su izrazito učinkoviti u uklanjanju slobodnih radikala (Liu, 2013). Kao takvi učinkoviti antioksidansi, lutein i zeaksantin su korisni u prevenciji raznih kroničnih bolesti (Sies i Stahl, 2003).



Slika 4. Kemijska struktura luteina (Kijlstra i sur., 2012)



Slika 5. Kemijska struktura zeaksantina (Kijlstra i sur., 2012)

Uobičajeno je da su u biljkama znatno veće koncentracije luteina od zeaksantina. Zeaksantin se u biljnim tkivima veoma lako transformira u anteraksantin i violaksantin, pa se u svom izvornom obliku zeaksantin nalazi u niskim koncentracijama u biljkama (Rodriguez-Amaya, 2001).

Prisutnost luteina i zeaksantina u ljudskoj krvi i tkivima u cijelosti je posljedica konzumacije hrane koja je izvor tih ksantofila, uglavnom namirnica biljnog porijekla (Mares-Perlman i sur., 2002; Johnson i sur., 2010). Karotenoidi se specifično akumuliraju u ljudskim tkivima, pa razine luteina i zeaksantina značajno variraju u raznim tkivima. Najveće koncentracije luteina i zeaksantina nalaze se u očnom tkivu te u središnjem živčanom tkivu (Hammond i Fletcher, 2012). Relativno visoke koncentracije pronađene su i u jetri, gušterači, bubrezima i dojčkama; dok su niže koncentracije ovih karotenoida zabilježene u plućima, slezeni, srcu, testisima, štitnjači, jajnicima i koži (Mares-Perlman i sur., 2002).

Utvrđeno je da je konzumacija hrane bogate luteinom i zeaksantinom pozitivno povezana s njihovim koncentracijama u krvnom serumu. Međutim, postoje individualne varijacije u serumskoj koncentraciji luteina i zeaksantina unatoč količinski jednakom unosu, koje se pripisuju različitim čimbenicima (Mares-Perlman i sur., 2002). Smatra se da glavni čimbenici koji utječu na koncentracije luteina i zeaksantina u krvnom serumu jesu muški spol, pušenje cigareta, visoki HDL-kolesterol, konzumacija alkohola i visok indeks tjelesne mase (Voutilainen i sur., 2006).

## **2.4. Uloga luteina i zeaksantina u zdravlju ljudi**

Konzumacija hrane koja je dobar izvor luteina i zeaksantina važna je za prevenciju bolesti te poboljšanje zdravlja očiju, kardiovaskularnog i živčanog sustava, kao i za zaštitu kože u uvjetima prekomjerne izloženosti štetnim zračenjima (Cena i sur., 2008).

Unos od približno 6 mg/dan (6000 µg/dan) luteina i zeaksantina pridonosi pozitivnim učincima tih fitokemikalija na ljudsko zdravlje (Johnson i sur., 2010).

### **2.4.1. Uloga luteina i zeaksantina u zdravlju očiju**

Pravilna prehrana ima značajnu ulogu u očuvanju cjelokupnog ljudskog zdravlja, stoga je veoma važna i za zdravlje očiju. Oko je jedan od glavnih osjetljivih organa u ljudi, a zdrav vid je vrlo važna komponenta ljudskog zdravlja i nužan je za produktivan i ugodan život. Brojna

istraživanja su pokazala da su karotenoidi lutein i zeaksantin komponente hrane veoma važne za zdravlje očiju (Abdel-Aal i sur., 2013).

Lutein i zeaksantin akumuliraju se u različitim dijelovima ljudskog oka, a glavni su i esencijalni karotenoidi u makuli (žutoj pjegi) mrežnice ljudskog oka, gdje je ujedno i najveća koncentracija luteina i zeaksantina općenito u ljudskom organizmu (Granado, 2003; Hammond i Fletcher, 2012; Liu, 2013). Mrežnica je funkcionalno najvažniji dio oka, te je ključna za ljudski osjet vida. Uloga mrežnice je primanje svjetlosnih podražaja zbog kojih nastaju električni impulsi koji se dalje provode do mozga. U središnjem dijelu mrežnice nalazi se makula (žuta pjega) koja je odgovorna za oštrinu centralnog vida, te u nju pada fokus slike promatranog predmeta. Periferni dio makule je važan za prostorni vid (Keserović i Rožman, 2013). Za žutu boju makule odgovorni su lutein i zeaksantin te mezo-zeaksantin, koji se zato nazivaju makularnim pigmentima i čine makularni pigment (Cooper i sur., 1999; Granado, 2003; Sies i Stahl, 2005; Chucair i sur., 2007). U makuli ljudskog oka nalazi se i mezo-zeaksantin koji nastaje lokalnom konverzijom iz luteina (Kijlstra i sur., 2012). Lutein i zeaksantin kao glavne komponente makularnog pigmenta u potpunosti potječu iz konzumirane hrane (Chucair i sur., 2007). Dakle, koncentracije luteina i zeaksantina u makuli oka pozitivno su povezane sa prehranbenim unosom luteina i zeaksantina (Watson i Preedy, 2013), pa nepravilna i manjkava prehrana vodi nedostatnom unosu luteina i zeaksantina putem hrane, a time i nižoj koncentraciji ovih pigmenata u makuli što rezultira lošijom kvalitetom vida (Hammond i Fletcher, 2012). S druge strane, visok udio prehranbenih karotenoida, time i luteina i zeaksantina, pohranjuje se u masnom tkivu. Istraživanja pokazuju da pretile osobe i osobe s prekomjernom količinom masnog tkiva imaju niže koncentracije luteina i zeaksantina u makuli, u jednakoj mjeri muškarci i žene, što povećava rizik od očnih bolesti. Iako je to najvjerojatnije posljedica loših prehranbenih navika i niskog unosa luteina i zeaksantina, također je moguće da se radi o konkurenciji između makule i masnog tkiva za pohranu luteina i zeaksantina. Manja gustoća makularnog pigmenta izraženija je kod žena, obzirom da žene imaju veću prosječnu količinu masnog tkiva od muškaraca (Hammond i sur., 2002). Uloge luteina i zeaksantina u zdravlju očiju dokazane su raznim istraživanjima koja su pokazala da štite makulu od oštećenja plavim svjetlosnim zračenjem, poboljšavaju vizualnu oštrinu i uklanjaju štetne reaktivne kisikove vrste. Takvi zaštitni učinci iznimno su važni u prevenciji raznih očnih bolesti, posebice dvaju čestih očnih bolesti povezanih sa starenjem - katarakta i makularna degeneracija (Abdel-Aal i sur., 2013). Također, nelagode i nesposobnosti osjetila vida nastale izlaganjem prigušenom ili jarkom svjetlu, zatim kromatski kontrast, raspon vida (tj. koliko se može vidjeti u daljinu) i brzina

vremenske obrade vizualnih podataka u mozgu mogu se poboljšati povećanim unosom luteina i zeaksantina (Hammond i Fletcher, 2012).

#### **2.4.1.1. Lutein i zeaksantin kao "unutarnje sunčane naočale"**

Izlaganje svjetlu određenih valnih duljina pokreće odvijanje raznih reakcija u izloženim tkivima ljudskog organizma, od kojih neke mogu biti štetne i uzrokovati tzv. fotooksidacijski stres jer nastaju slobodni radikali, odnosno reaktivne kisikove vrste. Očno tkivo jedno je od najizloženijih svjetlu, pa uslijed prekomjerne proizvodnje reaktivnih kisikovih vrsta može doći do oštećenja koja u konačnici mogu rezultirati pojavom bolesti (Stahl, 2005). Fotoreceptori u mrežnici oka podložni su štetnom djelovanju svjetlosti, posebno plave svjetlosti nižih valnih duljina. Prije no dođe do receptora, plava svjetlost mora proći kroz makulu. Glavne zaštitne funkcije luteina i zeaksantina u makuli jesu filtriranje plave svjetlosti i inaktivacija reaktivnih međuprodukata proizvedenih fotooksidacijom, čime se sprječava oštećenje (Stahl, 2005; Hammond i Fletcher, 2012). Dugi konjugirani sustav dvostrukih veza u molekulama luteina i zeaksantina omogućuje im apsorpciju plave svjetlosti, a efikasnost apsorpcije ovisi o karotenoidnoj gustoći makularnog pigmenta (Higdon, 2004). Poput unutaršnjih sunčanih naočala, lutein i zeaksantin kao jaki antioksidansi štite mrežnicu od oštećenja apsorbirajući plavu svjetlost ili inaktivacijom visoko reaktivnih slobodnih radikala koji su produkti stanične aktivnosti potaknute djelovanjem svjetla (Hammond i Fletcher, 2012). Niska koncentracija luteina i zeaksantina u mrežnici osobito je značajna za sportaše koji se bave sportovima na otvorenom zbog njihove visoke izloženosti štetnom plavom svjetlu (Hammond i Fletcher, 2012).

#### **2.4.1.2. Senilna makularna degeneracija**

Senilna makularna degeneracija je bolest oka povezana sa starenjem. Bolest zahvaća makulu koja je mjesto najjasnijeg centralnog vida i uzrokuje njegovo pogoršanje, ali ne uzrokuje bol. Bolest se može razvijati vrlo sporo pa oboljeli ne primjećuju pogoršanje vida, ali ponekad se razvija brzo i može uzrokovati gubitak vida na oba oka (Keserović i Rožman, 2013). Senilna makularna degeneracija glavni je uzrok poremećaja vida i sljepoće u populaciji starijoj od 65 godina (Ma i sur., 2012; Watson i Preedy, 2013). Iako još nisu u potpunosti poznati uzroci i točan mehanizam nastanka senilne makularne degeneracije, smatra se da su visoka životna dob, genetska predispozicija, ženski spol, pušenje cigareta i izloženost očnog

tkiva svjetlosti najvažniji čimbenici rizika za nastanak bolesti (Mozaffarieh i sur., 2003; Cena i sur., 2008). Dokazana je značajna povezanost pušenja cigareta sa dva do tri puta većim rizikom od razvoja senilne makularne degeneracije u usporedbi s nepušačima (Thornton i sur., 2005). Također, povećani rizik od senilne makularne degeneracije predstavlja niska razina luteina i zeaksantina u prehrani, što se odražava na koncentracije tih karotenoida u krvnom serumu i makuli (Cena i sur., 2008). Niske koncentracije luteina i zeaksantina u makularnom pigmentu predstavljaju mogući uzrok senilne makularne degeneracije (Johnson, 2012). Obzirom da starije osobe čine većinu stanovništva u mnogim svjetskim zemljama, vrlo je važno poznavanje preventivnih čimbenika za ovu bolest i poduzimanje istih u mlađoj životnoj dobi (Granado, 2003).

Jedan od rizičnih čimbenika za senilnu makularnu degeneraciju na koji je moguće utjecati je prehrana. Prehrambeni karotenoidi lutein i zeaksantin, glavne komponente makularnog pigmenta, imaju veoma pozitivan učinak na prevenciju i sprečavanje napredovanja senilne makularne degeneracije zbog svoje jake antioksidacijske aktivnosti (Ma i sur., 2012; Liu, 2013). Nekoliko je istraživanja pokazalo da se pojavnost senilne makularne degeneracije u osoba može smanjiti prehranom s visokim razinama luteina i zeaksantina te korištenjem istih u obliku dodataka prehrani. Povećanim unosom ovih karotenoida povećavaju se njihove koncentracije u serumu, a time i u makuli (Abdel-Aal i sur., 2013). Nadalje, epidemiološka istraživanja podupiru zaštitnu ulogu luteina i zeaksantina. Uočen je smanjeni rizik od senilne makularne degeneracije kod ispitanika s većim prehrambenim unosom luteina i zeaksantina (Broekmans i sur., 2002; Mares-Perlman i sur., 2002). U nekoliko istraživanja u kojima su ispitivani povezanost unosa luteina i zeaksantina s napredovanjem senilne makularne degeneracije u već oboljelih osoba, pokazalo se da je usporeno napredovanje bolesti u osoba koje su imale najveći unos luteina i zeaksantina, u odnosu na osobe s najnižim unosom (Chucair i sur., 2007).

#### **2.4.1.3. Katarakta**

Katarakta ili siva mrena je zamućenje očne leće koje najčešće nastaje kao posljedica starenja, ali i kao posljedica nepravilne prehrane, šećerne bolesti, traume, uzimanja kortikosteroidnih lijekova, zračenja (rendgenskog ili ultraljubičastog) koje uzrokuje oksidacijska oštećenja oka ili može biti nasljedna. Katarakta uzrokuje oslabljen i mutan vid što smanjuje kvalitetu života (Keserović i Rožman, 2013). Slično kao i senilna makularna degeneracija, i katarakta se najčešće javlja kod starijih osoba. Karotenoidi, posebno

makularni pigmenti lutein i zeaksantin, oboje snažni antioksidansi, smatraju se važnima u prevenciji pojave katarakte te usporavanju njezinog napredovanja (Abdel-Aal i sur., 2013). U nekoliko istraživanja utvrđeno je da je niža učestalost katarakte kod žena i muškaraca povezana s visokim unosom hrane bogate luteinom i zeaksantinom (Mares-Perlman i sur., 2002; Abdel-Aal i sur., 2013). Međutim, potrebno je detaljnije istražiti jesu li isključivo lutein i zeaksantin iz hrane odgovorni za nižu učestalost katarakte, ili i druge komponente prehrane koja obiluje karotenoidima (Higdon, 2004).

#### **2.4.2. Utjecaj unosa luteina i zeaksantina na kognitivne funkcije starijih osoba**

Lutein i zeaksantin svrstavaju se u glavne karotenoide u tkivu ljudskog mozga, gdje čine 66-77% ukupne koncentracije karotenoida (Johnson, 2012). Lutein pojedinačno je dominantni karotenoid u tkivu ljudskog mozga, što ukazuje važnost njegovog unosa tijekom razvoja živčanog sustava (Johnson, 2014). Istraživanja pokazuju da prehrambeni lutein i zeaksantin mogu koristiti u održavanju kognitivnog zdravlja, pošto se akumuliraju i u moždanom tkivu (Johnson, 2012). Zapravo, koncentracije luteina i zeaksantina unutar makule značajno koreliraju s njihovim koncentracijama u mozgu (Hammond i Fletcher, 2012). U mozgu se lutein i zeaksantin nalaze u područjima ključnim za vizualnu obradu podataka (Hammond i Fletcher, 2012). Zbog toga, viši prehrambeni unos luteina i zeaksantina doprinosi povećanju brzine obrade vizualnih podataka u mozgu (Hammond i Fletcher, 2012; Johnson, 2012). Moždano tkivo posebno je osjetljivo na štetne učinke slobodnih radikala zbog relativno niskog sadržaja antioksidansa, visokih koncentracija višestruko nezasićenih masnih kiselina i visoke metaboličke aktivnosti (Johnson, 2012). Unos hrane bogate karotenoidima luteinom i zeaksantinom, koji imaju antioksidacijsko i protuupalno djelovanje, može spriječiti oksidacijska oštećenja moždanog tkiva i time pozitivno utjecati na prevenciju ili usporavanje slabljenja kognitivnih funkcija i razvoja neuroloških bolesti (Johnson, 2012). Istraživanjima je pokazano da je učestala konzumacija povrća, osobito zelenog lisnatog koje je dobar izvor luteina i zeaksantina, povezana sa sporijim slabljenjem kognitivnih funkcija u starijih osoba. Dakle, povećane koncentracije luteina i zeaksantina u tkivu središnjeg živčanog sustava povezane su sa boljim kognitivnim funkcijama kod starijih osoba (Johnson, 2012).



### **2.4.3. Uloga luteina i zeaksantina u zdravlju imunskog sustava**

Zbog manjka istraživanja o utjecaju prehranbenog luteina i zeaksantina na funkciju humanog imunskog sustava, nisu poznati mehanizmi kojima utječu na imunski odgovor te nije razjašnjeno je li učinak posljedica njihovih antioksidacijskih svojstava (Kijlstra i sur., 2012). Pretpostavlja se da lutein i zeaksantin mogu smanjiti razvoj drugih bolesti kod već narušenog imuniteta. Druge studije su potvrdile da lutein ima pozitivne imunostimulirajuće učinke, odnosno utječe na poboljšanje imunskog odgovora u životinja (Mares-Perlman i sur., 2002; Kijlstra i sur., 2012).

### **2.4.4. Utjecaj luteina i zeaksantina na zdravlje kardiovaskularnog sustava**

Bolesti kardiovaskularnog sustava među glavnim su uzrocima smrti u mnogim zemljama. Pravilna prehrana ima značajnu ulogu u prevenciji mnogih kroničnih bolesti, te je poznato da veći unos voća i povrća može pomoći u prevenciji kardiovaskularnih bolesti i smrtnosti uzrokovane njima. Budući da voće i povrće obiluju različitim kemijskim spojevima, teško je pojedinačno identificirati bilo koju tvar koja najviše doprinosi kardioprotektivnim učincima. Mnogi spojevi s antioksidacijskim djelovanjem koji se nalaze u voću i povrću, primjerice karotenoidi, mogu utjecati na smanjenje rizika od kardiovaskularnih bolesti sprječavanjem oksidacije kolesterola u arterijama (Voutilainen i sur., 2006). U nekoliko provedenih epidemioloških studija osobe s najvišom razinom unosa luteina i zeaksantina imale su značajno smanjen rizik od koronarne bolesti srca (Mares-Perlman i sur., 2002). Međutim, nije poznato jesu li za takve rezultate odgovorni zasebno lutein i zeaksantin ili je to posljedica sinergističkog djelovanja s drugim fitokemikalijama i antioksidansima koje se također nalaze u konzumiranoj hrani (Mares-Perlman i sur., 2002). Istraživanje Leermakers i sur. (2016) pokazalo je da su veći prehranbeni unos, a time i više koncentracije luteina u krvi povezani s boljim zdravstvenim stanjem srca odraslih ispitanika. Uz to, zaključeno je da viši prehranbeni unos luteina smanjuje rizik od koronarne bolesti srca, srčanog udara i metaboličkog sindroma (Leermakers i sur., 2016).

### **2.4.5. Antikarcinogeno djelovanje luteina**

Zbog svog snažnog antioksidacijskog djelovanja, karotenoidi pozitivno djeluju na smanjenje rizika od pojave karcinoma. Unos hrane bogate karotenoidima, posebno luteinom i

zeaksantinom, značajno je povezan s manjim rizikom za karcinom dojke u premenopauzi (Freudenheim i sur., 1996). Zaštitni učinak luteina i zeaksantina od karcinoma dojke bio je najznačajniji među ženama s obiteljskom povijesti karcinoma dojke. Unatoč tome, posebna prednost luteina i zeaksantina neovisno o drugim komponentama voća i povrća još nije dokazana kod ljudi. Ipak, ti karotenoidi smatraju se jednim od mnogih sastojaka voća i povrća koji pomažu u zaštiti od karcinoma (Mares-Perlman i sur., 2002). Suprotno tome, nije uočena nikakva povezanost između razina luteina u prehrani ili serumu i pojave drugih vrsta karcinoma (npr. prostate, debelog crijeva, mokraćnog mjehura i želuca) (Granado, 2003).

#### **2.4.6. Uloga luteina i zeaksantina u zdravlju kože**

Koža je najizloženiji organ djelovanju štetnih okolišnih čimbenika koji mogu uzrokovati promjene na koži i preuranjeno starenje kože. Najznačajniji negativan utjecaj na kožu ima sunčeva svjetlost ultraljubičastih valnih duljina. Opekline od sunca su najčešći tip oštećenja kože uzrokovanog izlaganjem sunčevoj svjetlosti. Takvo oštećenje za konačnu posljedicu ima prerano starenje kože koje je prvenstveno rezultat stvaranja slobodnih radikala u koži. Jedna od mogućih negativnih posljedica djelovanja štetne ultraljubičaste svjetlosti je karcinom kože. Slobodni radikali u koži također mogu nastati djelovanjem vidljive svjetlosti kraćih valnih duljina, te djelovanjem zagađivača iz atmosfere kao što je ozon. Antioksidacijski kapacitet kože najvažniji je za neposrednu obranu kože od oštećenja iz okoliša. Čak i umjereno izlaganje ultraljubičastoj svjetlosti može smanjiti antioksidacijski kapacitet kože, stoga je njegovo očuvanje važna strategija za smanjenje oštećenja kože uzrokovane okolišnim čimbenicima. Gubitak prirodnog antioksidacijskog kapaciteta kože može biti neutraliziran lokalnom i oralnom primjenom antioksidansa. Karotenoidi lutein i zeaksantin su prirodno prisutni u koži čovjeka te su značajni antioksidansi. U istraživanju Palomba i sur. (2007) ispitanici su svakodnevno unosili mješavine antioksidansa koje su sadržavale lutein i zeaksantin, što je rezultiralo boljom hidratacijom kože, povećanjem količine lipida u površinskom sloju kože te se povećala elastičnost i istovremeno smanjila hrapavost kože. Zaključeno je da kombinacija oralne i lokalne primjene luteina i zeaksantina pruža najviši stupanj zaštite kože (Palombo i sur., 2007).

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

#### **3.1. Ispitanici i metode**

##### **3.1.1. Ispitanici**

U ovom istraživanju sudjelovalo je 149 ispitanika koji su bili studenti različitih sveučilišta u Republici Hrvatskoj. Pristanak ispitanika na sudjelovanje u istraživanju bio je dobrovoljan. Upitnici su bili anonimni, stoga su dobiveni podaci zaštićeni i ne mogu se povezati s ispitanicima. Prije pristanka na sudjelovanje, ispitanicima je detaljno objašnjen cilj i način provedbe upitnika, te su priložene detaljne upute za pravilno ispunjavanje upitnika. Istraživanje je provedeno elektroničkim putem tijekom travnja i svibnja 2017. godine.

##### **3.1.2. Metode**

###### **3.1.2.1. Dijetetičke metode**

Dijetetička metoda primijenjena u ovom istraživanju jest Upitnik o učestalosti konzumiranja hrane (eng. Food Frequency Questionnaire, FFQ). Zbog jednostavnosti korištenja i niskih ili nepostojećih troškova, FFQ je praktična i često korištena dijetetička metoda (Cena i sur., 2008), posebno u istraživanjima koja uključuju veći broj ispitanika.

U svrhu ovog istraživanja korišten je modificirani upitnik za procjenu unosa luteina i zeaksantina, kojeg su osmislili i validirali Cena i sur. (2008). Upitnik je dobrovoljnim sudionicima bio dostupan putem interneta u obliku Google obrazaca, a sastojao se od nekoliko dijelova. Prvi dio upitnika obuhvaćao je pitanja o spolu, dobi, tjelesnoj masi, tjelesnoj visini, tjelesnoj aktivnosti, konzumaciji alkohola, i na kraju je li ispitanik pušač te vegetarijanac. U drugom dijelu uslijedila su pitanja o učestalosti konzumacije određenih vrsta povrća i voća u prethodnih mjesec dana, te o najčešćim veličinama konzumiranih porcija. Točnije, u upitniku su bile obuhvaćene 32 namirnice za koje se smatra da najviše doprinose ukupnom dnevnom unosu luteina i zeaksantina, od čega 22 povrtna namirnice i 10 voćnih namirnica (Tablica 1). U upitniku su bile ponuđene veličine porcija ovisno o vrsti povrća odnosno voća, pri čemu je za određivanje veličina porcija korišten atlas fotografija (Cheyette i Balolia, 2013). Osim predloženih veličina porcija svakog pojedinog povrća i voća, ispitanicima nisu bili ponuđeni slikovni prikazi tih porcija. Ponuđeni odgovori o učestalosti

konzumiranja bili su: „nikad“, „jednom mjesečno“, „2-3 puta mjesečno“, „jednom tjedno“, „2-3 puta tjedno“, „4-6 puta tjedno“ i „svaki dan“.

Prilikom obrade podataka prikupljenih FFQ-om korišteni su podaci o koncentracijama luteina i zeaksantina u namirnicama iz rada Cena i sur. (2008), te tablica s kemijskim sastavom namirnica (USDA, 2017). Baze podataka o kemijskom sastavu hrane najčešće prikazuju sadržaj luteina i sadržaj zeaksantina u hrani kao jednu vrijednost (Rock. i sur., 2009), pa su te vrijednosti tako prikazane i u ovom radu. Unos luteina i zeaksantina procijenjen je na temelju podataka o veličini konzumiranih porcija povrća i voća, gdje se unesena količina luteina i zeaksantina određivala pomoću podataka o sadržaju luteina i zeaksantina zajedno u 1 g pojedine namirnice (Tablica 1).

Tablica 1. Popis povrća i voća čija se učestalost konzumiranja procjenjivala u FFQ-u, te njihov sadržaj luteina i zeaksantina.

	<b>Popis namirnica</b>	<b>Sadržaj luteina i zeaksantina [<math>\mu\text{g}</math>] u 1 g namirnice</b>
<b>Povrće</b>	Brokula (kuhana)	8,3
	Kelj pupčar (kuhani)	12,9
	Kupus (sirovi)	3,1
	Kupus (kuhani)	0,27
	Mrkva (sirova)	3,58
	Mrkva (kuhana)	6,87
	Raštika (kuhana)	80,91
	Kukuruz (kuhani/konzervirani)	18
	Zelene mahune (kuhane)	7
	Grašak (kuhani)	13,5
	Koraba (kuhana)	84,4
	Kelj (kuhani)	157,98
	Zelena salata (sirova)	26,35
	Salata iceberg (sirova)	3,52
	Špinat (sirovi)	119,38
	Špinat (kuhani)	70,43
	Bundeva (kuhana)	0,66
	Rajčice (sirove)	1,3
	Sok od rajčice (konzervirani)	0,6
Umak od rajčice	0,9	
Tikvice	21,25	
Juha minestrone - juha od miješanih mahunarki	1,5	
<b>Voće*</b>	Grejp	0,13
	Naranča	1,87
	Sok od naranči	1,05
	Papaja	0,75
	Breskva	0,57
	Mandarina	2,43
	Sok od mandarina	1,66
	Lubenica	0,17
	Dinja	0,4
	Konzervirana voćna salata (kompot od miješanog voća)	1,12

\*Podrazumijeva se da je navedeno voće u sirovom obliku, osim ako nije drukčije navedeno.

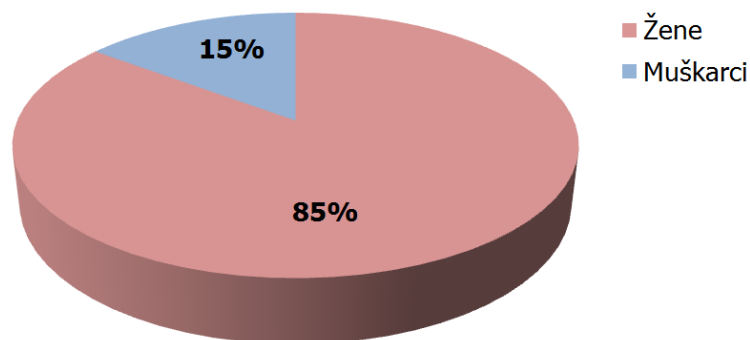
### 3.1.2.2. Statističke metode

Podaci prikupljeni upitnikom o učestalosti konzumiranja hrane obrađeni su pomoću programa Microsoft Office Excel 2007. Za prikaz rezultata korištene su standardne metode deskriptivne statistike (udio ili srednja vrijednost  $\pm$  standardna devijacija). T-test korišten je za usporedbu među skupinama. Za svaku provedenu analizu razina značajnosti iznosila je 0,05.

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

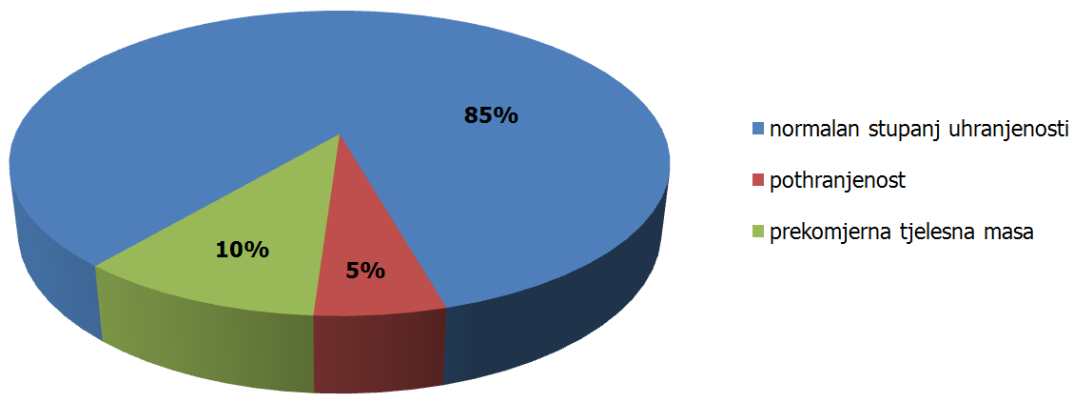
Podaci prikupljeni upitnikom o učestalosti konzumiranja namirnica obrađeni su u svrhu procjene prosječnog dnevnog prehranbenog unosa luteina i zeaksantina u studentskoj populaciji, što je bio cilj ovog istraživanja.

Ukupno 149 ispitanika sudjelovalo je u istraživanju, od kojih 127 ispitanika ženskog i 22 ispitanika muškog spola (Slika 6). Prosječna dob ispitanika je  $21,9 \pm 1,6$  godina.



Slika 6. Podjela ispitanika obzirom na spol (n=149)

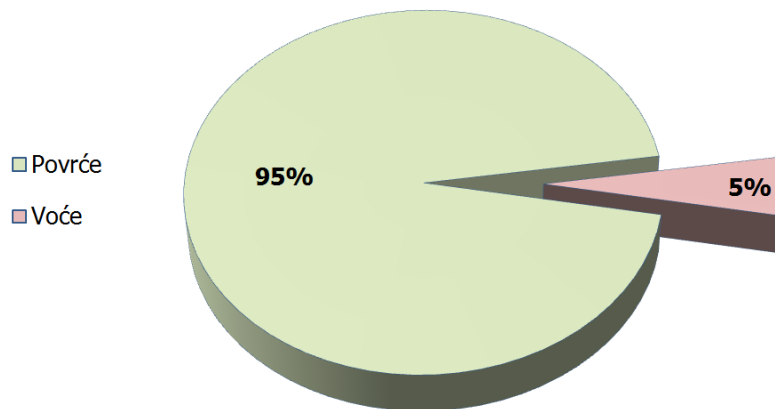
Na temelju prikupljenih podataka o tjelesnoj masi i visini, izračunat je indeks tjelesne mase (ITM) ispitanika, te je na temelju izračunatog ITM-a procijenjen njihov stupanj uhranjenosti. Najveći udio ispitanika, njih 85% (n=126) ima normalan stupanj uhranjenosti. 10% ispitanika (n=15) ima prekomjernu tjelesnu masu, dok je 5% ispitanika (n=8) pothranjeno. Pritom  $ITM < 18,5 \text{ kg/m}^2$  ukazuje na pothranjenost, normalan stupanj uhranjenosti podrazumijeva ITM u rasponu  $18,5 - 24,9 \text{ kg/m}^2$ , a  $ITM \geq 25 \text{ kg/m}^2$  ukazuje na prekomjernu tjelesnu masu odnosno pretilost (WHO, 2017).



Slika 7. Podjela ispitanika obzirom na stupanj uhranjenosti (n=149)

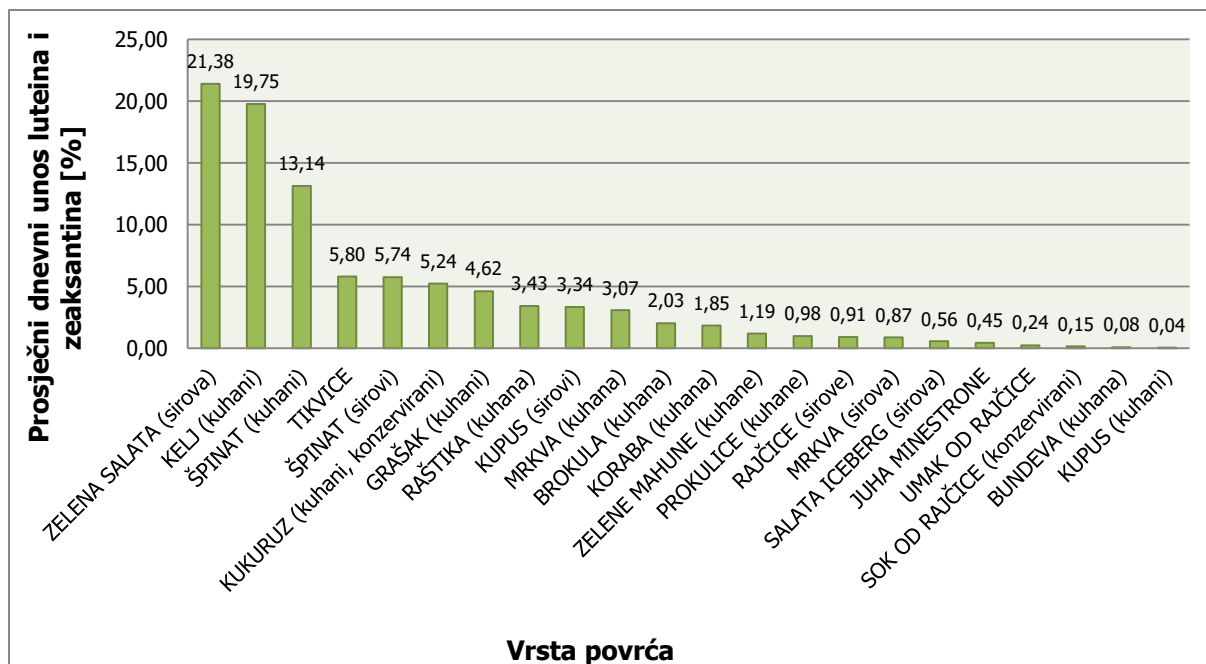
Prosječan dnevni unos luteina i zeaksantina među studentima iznosio je  $3088,3 \pm 2487,2 \mu\text{g}$ .

Na Slici 8. vidljivo je da je znatno veći prehrambeni unos luteina i zeaksantina ostvaren konzumacijom povrća (95%) u odnosu na voće (5%).



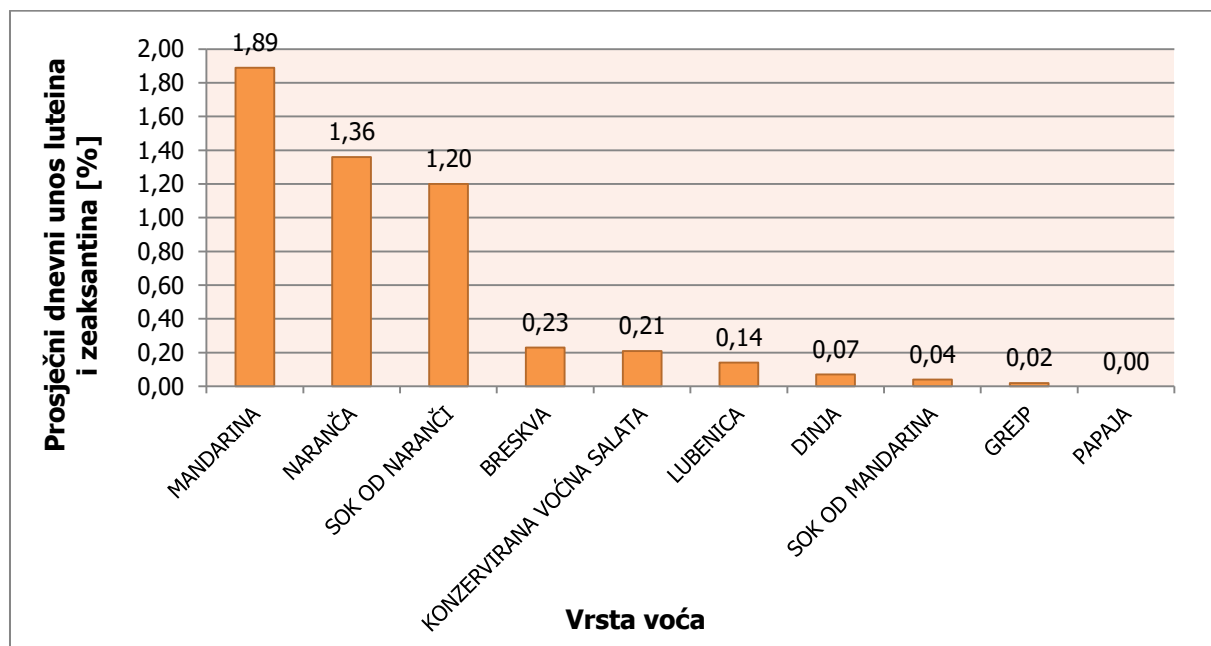
Slika 8. Usporedba doprinosa konzumacije povrća u odnosu na voće u ukupnom dnevnom unosu luteina i zeaksantina

Također, uočeno je da je među povrćem glavni izvor luteina i zeaksantina u prehrani studenata zeleno lisnato povrće poput špinata, zelene salate i kelja (Slika 9), za koje je poznato da su posebno bogati izvori luteina i zeaksantina (Sies i Stahl, 2003).



Slika 9. Doprinos pojedinih vrsta povrća ukupnom dnevnom unosu luteina i zeaksantina u studentskoj populaciji (n=149)

Konzumacija voća mnogo manje doprinosi ukupnom dnevnom unosu luteina i zeaksantina, a kao glavni izvori među voćem ističu se mandarine te svježje naranče i njihov sok (Slika 10).



Slika 10. Doprinos pojedinih vrsta voća ukupnom dnevnom unosu luteina i zeaksantina u studentskoj populaciji (n=149)



Podaci istraživanja prehranbenog unosa luteina i zeaksantina u sklopu Third National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III) pokazali su da u Sjedinjenim Američkim Državama muškarci imaju veći prosječni dnevni unos luteina i zeaksantina od žena (Cena i sur. 2008). S druge strane, u nekoliko istraživanja (Curran-Celentano i sur., 2001; Rock i sur., 2002) utvrđeno je da su ispitanici ženskog spola imali viši unos luteina i zeaksantina od ispitanika muškog spola. O'Neil i sur. (2001) u svom istraživanju nisu zabilježili značajnu razliku među ispitanicima muškog i ženskog spola u prehranbenom unosu karotenoida. Također, u istraživanju Johnson i sur. (2010) nije zabilježena značajna razlika u unosu luteina i zeaksantina među ispitanicima različitih spolova.

U provedenom istraživanju, dobiveni podaci pokazuju da nema statistički značajne razlike u unosu luteina i zeaksantina među ispitanicima muškog i ženskog spola (Tablica 2).

Tablica 2. Usporedba unosa luteina i zeaksantina obzirom na spol ispitanika

<b>Ispitanici</b>	<b>Prosječan unos luteina i zeaksantina ± SD [<math>\mu\text{g}/\text{dan}</math>]</b>	<b><i>p</i></b>
Muškarci (n = 22)	2692,9 ± 1498,7	0,246
Žene (n = 127)	3156,8 ± 2619,1	
Svi (n = 149)	3088,3 ± 2487,2	/

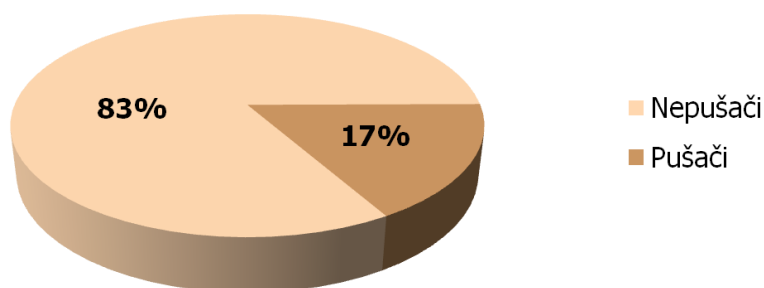
Rezultati istraživanja Hammond i sur. (2002) pokazali su da je prehranbeni unos luteina i zeaksantina bio znatno niži u ispitanika s visokim indeksom tjelesne mase, podjednako u oba spola, kao i razine luteina i zeaksantina u krvnom serumu. Loše prehranbene navike ispitanika glavni su razlog dobivenih rezultata (Hammond i sur., 2002). S druge strane, isto se može očekivati i kod osoba čiji ITM ukazuje na pothranjenost. Međutim, usporedbom prikupljenih podataka o unosu luteina i zeaksantina među ispitanicima s normalnim stupnjem uhranjenosti (n=126) i onih koji nisu imali normalan stupanj uhranjenosti, dakle pothranjenih i onih s prekomjernom tjelesnom masom zajedno (n=23), utvrđeno je da nema statistički značajne razlike u prehranbenom unosu luteina i zeaksantina (Tablica 3).

Tablica 3. Usporedba unosa luteina i zeaksantina obzirom na stupanj uhranjenosti ispitanika

	ITM	Prosječan unos luteina i zeaksantina $\pm$ SD [ $\mu\text{g}/\text{dan}$ ]	<i>p</i>
<b>Ispitanici s normalnim stupnjem uhranjenosti</b> (n = 126)	18,5 - 24,9 kg/m <sup>2</sup>	3064,1 $\pm$ 2444,4	0,801
<b>Ispitanici koji nemaju normalan stupanj uhranjenosti</b> (n = 23)	< 18,5 kg/m <sup>2</sup> i $\geq$ 25 kg/m <sup>2</sup>	3221,2 $\pm$ 2764,9	

Pušenje cigareta prepoznato je kao čimbenik rizika za obolijevanje od raznih bolesti, te također utječe na smanjenje razina luteina i zeaksantina u krvi. Sukladno tome, pušačima bi od velike koristi mogao biti povećan unos luteina i zeaksantina putem hrane. U istraživanju Curran-Celentano i sur. (2001) utvrđeno je da su pušači imali nešto viši prehrambeni unos luteina i zeaksantina nego nepušači. Suprotno tome, Rock i sur. (2002) uočili su 12% niži unos luteina i zeaksantina kod ispitanika koji su bili pušači u odnosu na one koji su bili nepušači.

Od ukupnog broja ispitanika (n=149) koji su sudjelovali u ovom istraživanju, većina su bili nepušači (83%) dok su pušači činili 17% ispitivanog uzorka (Slika 11). Međutim, iz Tablice 4. vidljivo je da nema statistički značajne razlike u unosu luteina i zeaksantina između pušača i nepušača.



Slika 11. Udio pušača odnosno nepušača među ispitanicima

Tablica 4. Usporedba unosa luteina i zeaksantina kod ispitanika nepušača i pušača

<b>Ispitanici</b>	<b>Broj ispitanika</b>	<b>Prosječan unos luteina i zeaksantina <math>\pm</math> SD [<math>\mu\text{g}/\text{dan}</math>]</b>	<b><i>p</i></b>
<b>Nepušači</b>	n = 124	3020,3 $\pm$ 2317,6	0,556
<b>Pušači</b>	n = 25	3425,6 $\pm$ 3237,1	

Mares-Perlman i sur. (2002) utvrdili su da odrasle osobe iz Sjedinjenih Američkih Država u prosjeku konzumiraju oko 1-2 mg luteina dnevno, dok je među Afroamerikancima utvrđen prosječan dnevni unos od 3 mg, što se smatra osobito visokim. Međutim, smatra se da unos oko 6 mg/dan (6000  $\mu\text{g}/\text{dan}$ ) luteina i zeaksantina putem hrane ima zaštitne učinke na zdravlje ljudi (Johnson i sur., 2010). U ispitivanoj studentskoj populaciji, prosječni unos luteina i zeaksantina bio je 3088,3  $\pm$  2487,2  $\mu\text{g}/\text{dan}$ , dakle manji od 6000  $\mu\text{g}/\text{dan}$  i prema tome nedostatan za ostvarivanje značajnijih povoljnih učinaka na zdravlje.

Ovaj rad ima nekoliko nedostataka. Prehrambeni unos karotenoida potrebno je procijeniti za dulje vremensko razdoblje, primjerice procijeniti unos tijekom mjesec dana, zbog velikih dnevnih varijacija u unosu ovih fitokemikalija (Cena i sur., 2008). Nadalje, ispitanici su u upitniku imali mogućnost odabira samo predloženih veličina porcija iskazanih u jedinicama mase odnosno u gramima, što može predstavljati izvor pogreški u procjenama veličina stvarno konzumiranih porcija. Prisjećanje konzumiranih vrsta i količina hrane tijekom duljeg vremenskog razdoblja kao što je mjesec dana također može doprinijeti pogrešnoj procjeni. Jedan od glavnih nedostataka ovog istraživanja je određivanje veličina porcija voća i povrća zbog nepostojanja hrvatskih nacionalnih kataloga sa standardnim veličinama porcija.

U budućim istraživanjima na ovu temu broj ispitanika trebao bi biti veći te bi se uz prehrambeni unos trebali pratiti i biomarkeri unosa luteina i zeaksantina kako bi se dobili reprezentativniji rezultati, primjerice koncentracije luteina i zeaksantina u krvnom serumu ili gustoća makularnog pigmenta. Također, trebao bi se proširiti popis konzumirane hrane koja je izvor luteina i zeaksantina.

## 5. ZAKLJUČAK

- Provedeno istraživanje pokazuje da prosječan dnevni unos luteina i zeaksantina među studentima, u iznosu od  $3088,3 \pm 2487,2$   $\mu\text{g}/\text{dan}$ , nije dostatan za ostvarenje povoljnog učinka ovih fitokemikalija na zdravlje. Stoga, potrebno je povećati unos luteina i zeaksantina za ostvarenje povoljnog učinka na zdravlje.
- Nema statistički značajne razlike u unosu luteina i zeaksantina među ispitanicima ženskog i muškog spola ( $p=0,246$ ).
- Među ispitanicima s normalnim stupnjem uhranjenosti i onih koji nisu imali normalan stupanj uhranjenosti utvrđeno je da nema statistički značajne razlike u prehranbenom unosu luteina i zeaksantina ( $p=0,801$ ).
- Nema statistički značajne razlike u unosu luteina i zeaksantina između ispitanika koji su pušači i onih koji su nepušači ( $p=0,556$ ).
- Veći prehranbeni unos luteina i zeaksantina među ispitanicima ostvaren je konzumacijom povrća (95%) u odnosu na voće (5%).
- Istraživanje je pokazalo da je glavni izvor luteina i zeaksantina u prehrani ispitanika bilo zeleno lisnato povrće poput špinata, zelene salate i kelja, dok se među voćem ističu mandarine te svježe naranče i njihov sok.

## 6. POPIS LITERATURE

Abdel-Aal, E. S. M., Akhtar, H., Zaheer, K., Ali, R. (2013) Dietary sources of lutein and zeaxanthin carotenoids and their role in eye health. *Nutrients* **5**: 1169 – 1185.

Boeing, H., Bechthold, A., Bub, A., Ellinger, S., Haller, D., Kroke, A., Leschik-Bonnet, E., Muller, M. J., Oberritter, H., Schulze, M., Stehle, P., Watzl, B. (2012) Critical review: vegetables and fruit in the prevention of chronic diseases. *European Journal of Nutrition* **51**: 637 – 663.

Britton, G. (1995) Structure and properties of carotenoids in relation to function. *The FASEB Journal* **9**: 1551 – 1558.

Broekmans, W. M., Berendschot, T. T., Klöpping-Ketelaars, I. A., de Vries, A. J., Goldbohm, R. A., Tijburg, Kardinaal, A. F., L. B., van Poppel, G. (2002) Macular pigment density in relation to serum and adipose tissue concentrations of lutein and serum concentrations of zeaxanthin. *The American Journal of Clinical Nutrition* **76**: 595 – 603.

Caballero, B. (2012) Encyclopedia of human nutrition, Academic press, str. 1493 – 1505.

Cena, H., Roggi, C., Turconi, G. (2008) Development and validation of a brief food frequency questionnaire for dietary lutein and zeaxanthin intake assessment in Italian women. *European Journal of Nutrition* **47**: 1 – 9.

Cheyette, C., Balolia, Y. (2013) Carbs & Cals, 5. izd., Chello Publishing Limited, London.

Chucair, A. J., Rotstein, N. P., SanGiovanni, J. P., During, A., Chew, E. Y., Politi, L. E. (2007) Lutein and zeaxanthin protect photoreceptors from apoptosis induced by oxidative stress: relation with docosahexaenoic acid. *Investigative ophthalmology & visual science* **48**: 5168 – 5177.

Cooper, D. A., Eldridge, A. L., Peters, J. C. (1999) Dietary carotenoids and certain cancers, heart disease, and age-related macular degeneration: a review of recent research. *Nutrition Reviews* **57**: 201 – 214.

Craig, W. J. (1997) Phytochemicals: guardians of our health. *Journal of the American Dietetic Association*, **97**: 199 –204.

- Curran-Celentano, J., Hammond, B. R., Ciulla, T. A., Cooper, D. A., Pratt, L. M., Danis, R. B. (2001) Relation between dietary intake, serum concentrations, and retinal concentrations of lutein and zeaxanthin in adults in a Midwest population. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **74**: 796 – 802.
- Dillard, C. J., German, J. B. (2000) Phytochemicals: nutraceuticals and human health. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **80**: 1744 – 1756.
- Dreosti, I. E. (2000) Recommended dietary intake levels for phytochemicals: Feasible or fanciful? *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* **9**: 119 – 122.
- Freudenheim, J. L., Marshall, J. R., Vena, J. E., Laughlin, R., Brasure, J. R., Swanson, M. K., Nemoto, T., Graham, S. (1996) Premenopausal breast cancer risk and intake of vegetables, fruits, and related nutrients. *Journal of the National Cancer Institute*, **88**: 340 – 348.
- Granado, F., Olmedilla, B., Blanco, I. (2003) Nutritional and clinical relevance of lutein in human health. *British Journal of Nutrition* **90**: 487 – 502.
- Hammond, B. R., Ciulla, T. A., Snodderly, D. M. (2002) Macular pigment density is reduced in obese subjects. *Investigative ophthalmology & visual science* **43**: 47 – 50.
- Hammond, B. R., Fletcher, L. M. (2012) Influence of the dietary carotenoids lutein and zeaxanthin on visual performance: application to baseball. *The American Journal of Clinical Nutrition* **96**: 1207 – 1213.
- Higdon, J. (2004) Micronutrient Information Center - Linus Pauling Institute  
<<http://lpi.oregonstate.edu/mic/dietary-factors/phytochemicals/carotenoids>>  
Pristupljeno 3. kolovoza 2017.
- Hounsome, N., Hounsome, B., Tomos, D., Edwards-Jones, G. (2008) Plant metabolites and nutritional quality of vegetables. *Journal of Food Science* **73**: 48 – 65.
- Ivanišević, M., Galetović, D., Bućan, K., Batistić, D., Ivanišević, P. (2013) Mrežnica oka i starenje. *Medica Jadertina* **43**: 47 – 50.
- Johnson, E. J. (2012) A possible role for lutein and zeaxanthin in cognitive function in the elderly. *The American Journal of Clinical Nutrition* **96**: 1161 – 1165.
- Johnson, E. J. (2014) Role of lutein and zeaxanthin in visual and cognitive function throughout the lifespan. *Nutrition Reviews* **72**: 605 – 612.

Johnson, E. J., Maras, J. E., Rasmussen, H. M., Tucker, K. L. (2010) Intake of lutein and zeaxanthin differ with age, sex, and ethnicity. *Journal of the American Dietetic Association* **110**: 1357 – 1362.

Keserović, S., Rožman, J. (2013) Razlike u stavovima slijepih osoba i zdravstvenih djelatnika o statusu slijepih osoba u društvu–pregledni članak. *Sestrinski glasnik* **18**: 133 – 141.

Kijlstra, A., Tian, Y., Kelly, E. R., Berendschot, T. T. (2012) Lutein: more than just a filter for blue light. *Progress in retinal and eye research* **31**: 303 – 315.

Leermakers, E. T., Darweesh, S. K., Baena, C. P., Moreira, E. M., Van Lent, D. M., Tielemans, M. J., Muka, T., Vitezova, A., Chowdhury, R., Bramer, W. M., Kieft-de Jong, J. C., Felix, J. F., Franco, O. H. (2016) The effects of lutein on cardiometabolic health across the life course: a systematic review and meta-analysis. *The American Journal of Clinical Nutrition* **103**: 481 – 494.

Liu, R. H. (2003) Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals. *The American Journal of Clinical Nutrition* **78**: 517 – 520.

Liu, R. H. (2004) Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanism of action. *The Journal of Nutrition* **134**: 3479 – 3485.

Liu, R. H. (2013) Health-promoting components of fruits and vegetables in the diet. *Advances in Nutrition: An International Review Journal* **4**: 384 – 392.

Ma, L., Dou, H. L., Wu, Y. Q., Huang, Y. M., Huang, Y. B., Xu, X. R., Zou, Z. Y., Lin, X. M. (2012) Lutein and zeaxanthin intake and the risk of age-related macular degeneration: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Nutrition* **107**: 350 – 359.

Mares-Perlman, J. A., Millen, A. E., Ficek, T. L., Hankinson, S. E. (2002) The body of evidence to support a protective role for lutein and zeaxanthin in delaying chronic disease. Overview. *The Journal of Nutrition* **132**: 518 – 524.

Meskin, M. S., Bidlack, W. R., Davies, A. J., Omaye, S. T. (2002) Phytochemicals in Nutrition and Health, izd., CRC Press, str. 173 – 186.

Mozaffarieh, M., Sacu, S., Wedrich, A. (2003) The role of the carotenoids, lutein and zeaxanthin, in protecting against age-related macular degeneration: a review based on controversial evidence. *Nutrition Journal* **2**: 20.

- O'Neill, M. E., Carroll, Y., Corridan, B., Olmedilla, B., Granado, F., I. Blanco, I., Van den Berg, H., Hininger, I., Rousell, A.-M., Chopra, M., S. Southon, S., Thurnham, D. I. (2001) A European Carotenoid Database to assess carotenoid intakes and its use in a five-country comparative study. *British Journal of Nutrition* **85**: 499 – 507.
- Palombo, P., Fabrizi, G., Ruocco, V., Ruocco, E., Fluhr, J., Roberts, R., Morganti, P. (2007) Beneficial long-term effects of combined oral/topical antioxidant treatment with the carotenoids lutein and zeaxanthin on human skin: a double-blind, placebo-controlled study. *Skin pharmacology and physiology* **20**: 199 – 210.
- Rock, C. L., Thornquist, M. D., Neuhouser, M. L., Kristal, A. R., Neumark-Sztainer, D., Cooper, D. A., Patterson, R.E., Cheskin, L. J. (2002) Diet and lifestyle correlates of lutein in the blood and diet. *The Journal of Nutrition* **132**: 525 – 530.
- Rodriguez-Amaya, D. B. (2001) A guide to carotenoid analysis in foods, ILSI press, Washington, str. 1-5, 10, 14.
- Sies, H., Stahl, W. (2003) Non-nutritive bioactive food constituents of plants: Lycopene, lutein and zeaxanthin. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research* **73**: 95 – 100.
- Slavin, J. L., Lloyd, B. (2012) Health benefits of fruits and vegetables. *Advances in Nutrition: An International Review Journal* **3**: 506 – 516.
- Stahl, W. (2005) Macular carotenoids: lutein and zeaxanthin. *Nutrition and the Eye* **38**: 70 – 88.
- Thornton, J., Edwards, R., Mitchell, P., Harrison, R. A., Buchan, I., Kelly, S. P. (2005) Smoking and age-related macular degeneration: a review of association. *Eye* **19**: 935 – 944.
- USDA Nutrient Database for Standard Reference, Release 28 (2016) United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service. Nutrient Data Laboratory Home page <<http://www.ars.usda.gov/nutrientdata>> Pristupljeno 5. srpnja 2017.
- van het Hof, K. H., West, C. E., Weststrate, J. A., Hautvast, J. G. (2000) Dietary factors that affect the bioavailability of carotenoids. *The Journal of Nutrition* **130**: 503 – 506.
- Voutilainen, S., Nurmi, T., Mursu, J., Rissanen, T. H. (2006) Carotenoids and cardiovascular health. *The American Journal of Clinical Nutrition* **83**: 1265 – 1271.



Wang, X., Ouyang, Y., Liu, J., Zhu, M., Zhao, G., Bao, W., Hu, F. B. (2014) Fruit and vegetable consumption and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *British Medical Journal* **349**: 4490.

Watson, R. R., Preedy, V. R. (2013) *Bioactive Food as Dietary Interventions for the Aging Population*, 1. izd., Elsevier, str. 40.


<[https://books.google.hr/books?hl=hr&lr=&id=4Drei21kEGEC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Concluding+food+for+thoughts+in+autoimmunity&ots=ZXIBdKOhts&sig=WHyFwRu8B56wIu2uv-g7P9or\\_DY&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.hr/books?hl=hr&lr=&id=4Drei21kEGEC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Concluding+food+for+thoughts+in+autoimmunity&ots=ZXIBdKOhts&sig=WHyFwRu8B56wIu2uv-g7P9or_DY&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)> Pristupljeno 5. kolovoza 2017.

WHO (2017) World Health Organization - BMI classification

<[http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro\\_3.html](http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html)> Pristupljeno 25. kolovoza 2017.

## Izjava o izvornosti

*Izjavljujem da je ovaj završni rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.*

  
Maša Srdić