

Određivanje kemijskog sastava sjemena maka

Žitnik, Martina

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:159:919898>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-23**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology](#)



Sveučilište u Zagrebu

Prehrambeno-biotehnološki fakultet

Preddiplomski studij Nutricionizam

Martina Žitnik

6644/N

ODREĐIVANJE KEMIJSKOG SASTAVA SJEMENA MAKA

ZAVRŠNI RAD

Modul: Osnove prehrambenih tehnologija

Mentor: Izv.prof. dr.sc. Dubravka Škevin

Zagreb, 2016.

DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Preddiplomski studij Nutricionizam
Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo
Laboratorij za tehnologiju ulja i masti

ODREĐIVANJE KEMIJSKOG SASTAVA SJEMENA MAKI

Martina Žitnik, 6644/N

Sažetak: Mak (*Papaver somniferum* L.) je kultivirana biljka koja se sadi radi proizvodnje opijuma, jestivog ulja i sjemena koje je bogato linolnom (ω -6) masnom kiselinom. Ovo istraživanje je nastavak rada iz 2014. godine, a imalo je za cilj odrediti udio vode, ulja i sastava masnih kiselina u dvanaest uzoraka sjemena maka uzgojenih 2015. godine na eksperimentalnom polju Agronomskog fakulteta u Zagrebu. Određeni su osnovni parametri kvalitete te sastav masnih kiselina putem plinske kromatografije. Udio vode (5,2 – 5,8%) i ulja (40,6 – 46,4%) je bio u skladu s podacima navedenim u literaturi. Dobiveni podaci o kvalitativnom sastavu masnih kiselina također su bili u skladu s literaturnim navodima, dominantna masna kiselina u svim ispitivanim uzorcima ulja bila je linolna (66,4 – 73,4%), zatim značajni udio čine oleinska (12,9 – 21,7%) i palmitinska (8,9 – 10,1%), dok stearinske (1,9 – 2,7%) i linolenske masne kiseline (0,7 – 1,1%) ima najmanje. Sorta koja se ističe s najvećim udjelom ulja je Gornji Bogičevci (46,4%).

Ključne riječi: kemijski sastav, sjeme maka, ulje maka, masne kiseline

Rad sadrži: 22 stranice, 3 slike, 4 tablice, 38 literaturnih navoda

Jezik izvornika: hrvatski

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

Mentor: Izv.prof.dr.sc. Dubravka Škevin

Pomoć pri izradi: Dr.sc. Marko Obranović, viši asistent; Doc.dr.sc. Klara Kraljić

Rad predan: srpnja 2016.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Final work

University of Zagreb
Faculty of Food Technology and Biotechnology
Undergraduate studies Nutrition
Department of Food Engineering
Laboratory for Oil and Fat Technology

CHEMICAL COMPOSITION OF POPPY SEED

Martina Žitnik, 6644/N

Abstract: Poppy (*Papaver Somniferum* L.) is a cultivated plant grown for the production of opium, edible seeds and seed oil rich in linoleic (ω -6) fatty acid. This study is a continuation of the work from 2014 and it was aimed to determine the content of water, oils and fatty acid composition in twelve samples of poppy seed which were grown on experimental field of the Faculty of Agriculture in Zagreb. Basic quality parameters of poppy seed and fatty acid composition were determined via gas chromatography. Moisture (5.2 – 5.8%) and oil (40.6 – 46.4%) contents were in accordance to the data from the literature. The results of fatty acid composition were likewise in accordance with the data from the literature, the main fatty acid in all poppy seed oils was linoleic (66.4 – 73.4%), followed by oleic (12.9 – 21.7%) and palmitic acid (8.9 – 10.1%). The lowest values were with stearic (1.9 – 2.7 %) and linolenic acid (0.7 – 1.1%). The variety with the highest oil content was Gornji Bogičevci (46.4%).

Keywords: chemical composition, poppy seed, poppy seed oil, fatty acids

Thesis contains: 22 pages, 3 figures, 4 tables, 38 references

Original in: Croatian

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

Mentor: Dubravka Škevin, PhD, Associate Professor

Technical support and assistance: Marko Obranović, PhD, Scientific Assistant; Klara Kraljić, PhD, Assistant Professor

Thesis delivered: July 2016

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	2
2.1. Općenito o maku	2
2.2. Botanička obilježja	2
2.3. Glavne primjene maka.....	3
2.3.1. Upotreba u prehrambenoj industriji	3
2.3.2. Upotreba u medicini	4
2.3.3. Upotreba u farmaceutskoj industriji	4
2.4. Kemijski sastav ulja sjemena maka.....	5
2.4.1. Masne kiseline	6
2.4.1.1. Zasićene masne kiseline	7
2.4.1.2. Nezasićene masne kiseline	7
2.4.2. Negliceridni sastojci ulja i masti	9
3. EKSPERIMENTALNI DIO.....	11
3.1. Određivanje udjela vode u sjemenu maka.....	11
3.2. Određivanje udjela ulja u sjemenu maka (Metoda po Soxhletu)	12
3.3. Određivanje sastava masnih kiselina u ulju sjemena maka.....	13
4. REZULTATI.....	14
5. RASPRAVA.....	16
6. ZAKLJUČAK	19
7. LITERATURA.....	20

1. UVOD

„Mak“ je zajednički naziv za nekoliko vrsta iz roda *Papaver*, porodice Papaveraceae. Uključuje mnogo vrsta od kojih se neke uzgajaju kao vrtno cvijeće (vrtni mak) te vrstu *P. Somniferum* koja se uzgaja radi proizvodnje opijuma (osušeni eksudat poput lateksa iz potpuno izrasle zelene čahure), jestivog ulja i sjemenki. Opijum je jedan od najstarijih poznatih lijekova protiv bolova i izvor je nekoliko alkaloida koji se koriste u modernoj medicini. Mak su kultivirale drevne civilizacije Grčke, Egipta, Italije, Perzije i Mezopotamije, a danas se uglavnom proizvodi radi opijuma, jestivog ulja i sjemenki. Sjeme maka posjeduje izrazita nutritivna svojstva te se koristi u proizvodnji pekarskih proizvoda i slastica, a upotrebljava se u kulinarstvu i u proizvodnji ulja (Pushpangadan i sur., 2012).

Prema Pravilniku o jestivim uljima i mastima (Pravilnik, 2012) ulja su proizvodi koji se dobivaju iz sjemenki ili plodova biljaka, sastoje se od triglicerida masnih kiselina, a mogu sadržavati i neznatne količine drugih sastojaka kao što su fosfolipidi, voskovi, neosapunjive tvari, mono- i digliceridi i slobodne masne kiseline.

Sjeme maka sadrži 40-50% jestivoga ulja, ugodne arome i okusa sličnog ulju badema (Pushpangadan i sur., 2012). Ulje sjemena maka se većinom sastoji od nezasićenih masnih kiselina kao što su linolna, α -linolenska i oleinska. Sadrži i male količine zasićenih masnih kiselina poput stearinske i palmitinske. Negliceridni sastojci čine oko 2% ulja, a u njih se između ostalog ubrajaju i fenolne tvari, tokoferoli te fitosteroli koji utječu na nutritivnu i senzorsku kvalitetu sjemena.

Ovaj rad se nastavlja na rad iz 2014. godine, a cilj je bio odrediti udio ulja i udio vode koji predstavljaju osnovne parametre kvalitete sjemena maka, te odrediti sastav masnih kiselina prisutnih u ulju sjemena maka kako bi odredili najpogodniju sortu uzgoja radi sjemena za proizvodnju ulja. 12 uzoraka sjemena maka koje ćemo analizirati potječe iz 2015. godine, a uzgojeno je na eksperimentalnom polju Agronomskog Fakulteta u Zagrebu. Odredit ćemo udio ulja i vode te u ekstrahiranim uzorcima ulja pomoću plinske kromatografije odrediti sastav masnih kiselina.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Općenito o maku

Mak koji se komercijalno uzgaja zbog svojstva opijata, jestivih sjemenki i ulja pripada vrsti *Papaver Somniferum* L., rodu *Papaver* L., porodici Papaveraceae (Pushpangadan i sur., 2012).

Vjeruje se da mak svoje podrijetlo vuče negdje iz zapadnog dijela Mediterana, protežući se od Europe preko Balkana do Male Azije (Bazilevskays, 1976; Morton, 1977). Danas je široko distribuiran diljem umjerene i suptropske regije starog svijeta koja se proteže od sjeverozapadne Rusije pa sve do tropskih područja (Nova Scotia Museum, 2012), a uzgaja se na području Kine, Indije, Češke, Slovačke i Turske (Koc, 2002). Zbog opojnih svojstava, uzgoj je ograničen u Sjevernoj Americi, ali se ipak može naći u starim vrtovima i obližnjim opustošenim područjima (Nova Scotia Museum, 2012). Uzgoj maka u Hrvatskoj započeo je u prvoj polovici 19. stoljeća, uzgaja se na vrlo malim površinama i to samo kao uljani mak za sjeme (Pospišil, 2013).

2.2. Botanička obilježja

Papaver Somniferum je uspravna, jednogodišnja biljka, visine 30 do 150 cm i debljine stabljike od 0,5 do 1,5 cm. Koriijen može biti manje ili više razgranat, ušiljen i žut, a stabljika je gola s debelom voštanom prevlakom. Listovi su brojni i horizontalno se šire; donji listovi su dugi oko 15 cm, ovalno-duguljastog pernatog oblika te su segmentirani. Gornji listovi mogu doseći i do 25 cm u duljinu te se postupno šire i srcoliki su prema bazi. Konačno, najviši listovi su vrlo široki i ovalni s vidljivim venama, a centralna vena je također široka i gotovo bijele boje (Pushpangadan i sur., 2012).

Biljka maka sadrži nekoliko cvjetova koji rastu na 10 do 15 cm dugačkim peteljka. Pupoljci su jajoliki i dvospolni s dva glatka zelena lapa i četiri vrlo velike latice. Prašnici su brojni i raspoređeni su u nekoliko pršljena, a tučak je velik, kuglast, gladak i blijedo zelene boje. Plod maka je sadržan u obliku čahura različitih boja. Nezrela čahura je prekrivena voštanim premazom koji daje sivo-plavi izgled, a zrela čahura postaje blijedo-smeđa te može biti različitog oblika. Čahura ima zaobljenu bazu te završava na vrhu s porom ispod stigmatičnih zraka kojih može biti od 7 do 18. Sjemenke su brojne i vrlo male te mogu biti bijelo-sive, ljubičaste ili crne (Pushpangadan i sur., 2012).

Smatra se da je mak samooplodna biljka, ali prema nekim studijama može doći i do oplodnje putem insekata (Singh i sur., 1999). Međutim, planirani uzgoj opijumskog maka započeo je nedavno i koriste se različite metode selekcije i razmnožavanja kako bi se dobile kulture sa visokim prinosom sjemena i kvalitetnim uljem za prehranu (Singh i sur., 1995).



Slika 1. Čahura i sjeme maka (Anonymous, 2016).

2.3. Glavne primjene maka

Mak uključuje mnogo vrsta od kojih se neke uzgajaju kao vrtno cvijeće (vrtni mak) te vrstu *P. Somniferum* koja se uzgaja radi proizvodnje opijuma (osušeni eksudat poput lateksa iz potpuno izrasle zelene čahure), jestivog ulja i sjemenki (Pushpangadan i sur., 2012).

2.3.1. Upotreba u prehrambenoj industriji

Mak se koristi kao sastojak u mnogim receptima, a osigurava ne samo okus već i prehrambenu vrijednost jer sadrži brojne vitamine i minerale uključujući magnezij, kalcij i cink. Sjeme maka se naširoko koristi u proizvodnji peciva, slastica i slatkiša, a može se sirovo ili prženo dodati u salate, juhe ili umake. Mljeveno sjeme se obično koristi kao sredstvo za zgušnjavanje u umacima, a može se dodati i u slastice. Ulje sjemena maka koristi se za poboljšanje okusa brojnim prehrambenim proizvodima, uključujući kruh, peciva, kekse i kolače. Također se može upotrijebiti kao ulje za pečenje, ili pomiješan sa maslinovim uljem može poslužiti kao preljev za salatu (Pushpangadan i sur., 2012).

Midilli i sur. (2009) proveli su studiju u kojoj su htjeli vidjeti kako će dodatak ulja sjemena maka u ishrani prepelica utjecati na sastav masnih kiselina u žumanjku jajeta. Došli su do zaključka da se smanjila koncentracija zasićenih masnih kiselina, a povećala koncentracija nezasićenih masnih kiselina koje imaju utjecaja na smanjenje rizika od

kardiovaskularnih bolesti. Također, Gök i sur. (2011) proveli su slično istraživanje gdje su dio životinjske masti (do 50%) u proizvodnji mesnih pljeskavica zamijenili sa pastom od mljevenih sjemenki maka. Meso pripremljeno na takav način bilo je sočnije i bolje teksture te je došlo do smanjenja zasićenih masti i kolesterola te povećanja nezasićenih masti. Takve i slične primjene maka u budućnosti mogle bi biti korisne za prehranu ljudi što se tiče zdravlja.

2.3.2. Upotreba u medicini

P. Somniferum ima koristi u tradicionalnoj medicini kao afrodisijak, analgetik, sredstvo za smirenje, baktericid, hemostatik, sredstvo za iskašljavanje i za snižavanje krvnog tlaka (Walter i Radha, 2005).

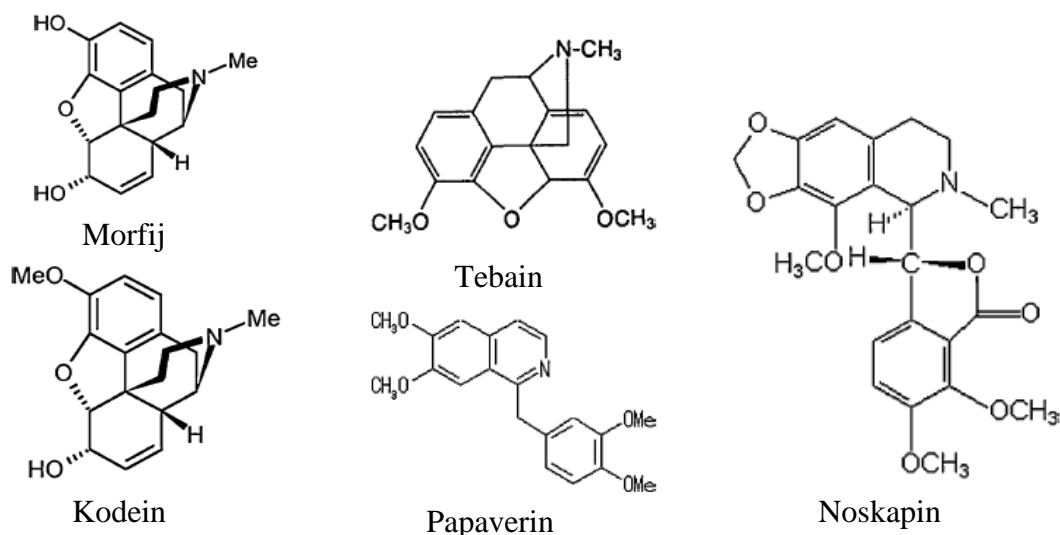
Zdravstvene blagodati maka prepoznate su u tradicionalnoj indijskoj medicini *Ayurvedi*, a ovo su neki od primjera. Sjeme maka može se upotrijebiti za poboljšanje zdravlja probavnog sustava, ali i kao lijek za nesanicu (Anonymous, 2010). Sjeme sadrži veliku količinu ugljikohidrata pa se može koristiti u terapiji pothranjenosti, a pokazalo se da ima koristi u liječenju raznih vrsta karcinoma i čireva, te pruža olakšanje u stanjima kao što su artritis, reuma i giht (Anonymous, 2010). Mak se koristi i kao sredstvo protiv kašlja te može pomoći u ublažavanju simptoma astme i hripavca. Ulje sjemena maka ima dobrobiti u liječenju kardiovaskularnih bolesti, srčanog i moždanog udara. Pasta pripremljena od korijena maka može se upotrijebiti za smanjenje osjećaja pečenja na koži (Anonymous, 2010).

Ljuska čahure u obliku praška može se upotrijebiti za pripravljanje čaja. Smatra se da takav čaj može pomoći savladati ovisnost o heroinu (Pushpangadan i sur., 2012).

2.3.3. Upotreba u farmaceutskoj industriji

Mak se u današnje vrijeme uglavnom sadi radi proizvodnje opijuma koji se najčešće sastoji od slijedećih alkaloida: morfij, kodein, papaverin, tebain, noskapin (Gümüşçü i sur., 2008). Opijum se može proizvoditi iz ekstrakta nezrele čahure ili iz osušene čahure u tvornicama alkaloida. Proizvodnja iz nezrele čahure je dozvoljena samo u Indiji, a iz osušene čahure u Turskoj (Gümüşçü i sur., 2008). Udio pojedinih alkaloida varira od 0,110 do 1,140% za morfij, od 0,005 do 0,134% za tebain, od 0,005 do 0,27% za kodein, od 0,001 do 0,440% za papaverin i od 0,006 do 0,418% za noskapin (Gümüşçü i sur., 2008). Morfij je moćan sedativ i lijek protiv bolova. Tebain je važna komponenta u proizvodnji oksikodona, oksimorfina (lijekovi za ublažavanje boli) i buprenorfina (blokira učinke heroína). Kodein ima svojstva analgetika i sredstvo je protiv kašlja. Papaverin je mišićni relaksans, a koristi se

prvenstveno za ublažavanje cerebralne i periferne ishemije povezane s arterijskim spazmom i ishemijom miokarda. Za noskapin se otkrilo da ima zanimljiva svojstva što se tiče kemoprevencije i liječenja karcinoma, naročito raka prostate, te moždanog udara (Li i sur., 2010; Shukla i sur., 2006).



Slika 2. Kemijska struktura morfija, tebaina, kodeina, papaverina i noskapina (Gümüşçü i sur., 2008).

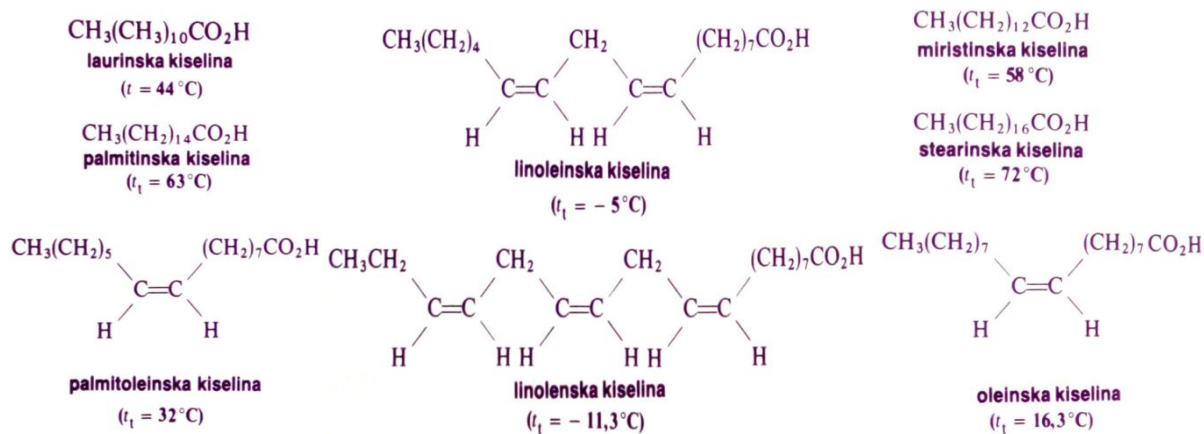
2.4. Kemijski sastav ulja sjemena maka

Sjeme maka sadrži 40-50% jestivoga ulja, ugodne arome i okusa sličnog ulju badema (Pushpangadan i sur., 2012). Prema Pravilniku o jestivim uljima i mastima (Pravilnik, 2012), ulja su proizvodi koji se dobivaju iz sjemenki ili plodova biljaka, sastoje se od triglicerida masnih kiselina, a mogu sadržavati i neznatne količine drugih lipida kao što su fosfolipidi, voskovi, neosapunjive tvari, mono- i digliceridi i slobodne masne kiseline. Masti, odnosno ulja su koncentrirani izvor energije (9 kcal/g), što predstavlja prednost kad je potrebna hrana visoke energetske gustoće, odnosno nedostatak pri nadzoru tjelesne mase. Masti su izrazito stigmatizirane, ali prehrana bez masti bila bi nejestiva, u mastima su otopljene tvari arome, hrana s visokim udjelom masti je privlačna, što se može objasniti evolucijski: čovjek je zapravo prilagođen oskudnoj i neredovitoj opskrbi hranom, pa je sklonost izvorima masti, tj. energije bila korisna. Možda postoji i okus za masno, pa gojazne osobe zbog slabijeg prepoznavanja tog okusa unose više energije i masti. Zatim, masti sadrže i omogućavaju apsorpciju vitamina topljivih u mastima (A, D, E i K). Tu su i dvije esencijalne masne kiseline koje je nužno osigurati hranom: linolna (LA) (omega-6) i α -linolenska (ALA) (omega-3) (Štalić i sur., 2016). Preporučeni unos masti je 20-35% od ukupnog unosa energije (USDA,

2005). Unos masti manji od 20% i veći od 70% zbog utjecaja na zdravlje se ne preporučuje jer nema koristan nego štetan učinak. Od ukupnog udjela masti u prehrani važniji je stupanj zasićenja. Preporučuju se izvori jednostruko i višestruko nezasićenih masnih kiselina, a zasićene i transmasne kiseline treba izbjegavati (Šatalić i sur., 2016).

2.4.1. Masne kiseline

Za razliku od ugljikohidrata ili proteina, masti nisu polimeri. Kad kažemo „masti“, ponajprije mislimo na trigliceride (ili triacilglicerole). Trigliceridi se sastoje od tri masne kiseline vezane za glicerol. Masne kiseline u načelu imaju paran broj atoma ugljika, većina od dvadesetak masnih kiselina prisutnih u hrani imaju od 4 do 22 atoma ugljika, a s obzirom na zastupljenost u hrani i tjelesnim tkivima, prevladavaju one sa 16 i 18 atoma ugljika. Zasićene masne kiseline nemaju dvostruke veze među atomima ugljika [npr. laurinska (C12:0), miristinska (C14:0), palmitinska (C16:0), stearinska (C18:0)], jednostruko nezasićene imaju jednu (npr. oleinska C18:1 ω -9), a višestruko nezasićene dvije ili više dvostrukih veza [npr. linolna (C18:2 ω -6), α -linolenska (C18:3 ω -3), arahidonska (C20:4 ω -6), eikosapentaenska (EPA) (C20:5 ω -3) i dokosaheksaenska (DHA) (C22:6 ω -3)]. Konfiguracija dvostruke veza najčešće je cis, tj. atomi vodika su na istoj strani ugljikovog lanca, dok su kod trans konfiguracija atomi vodika na suprotnim stranama. Sastav masnih kiselina u prehrani određuje sastav masnih kiselina u fosfolipidima stanične membrane, o čemu ovisi funkcioniranje membrane. Sastav masnih kiselina u prehrani također određuje sastav masnih kiselina u masnom tkivu. Zatim, količina i omjer ω -6 i ω -3 masnih kiselina u prehrani određuje sintezu regulatornih eikosanoida, gdje iz ω -3 nastaju protuupalni, a iz ω -6 proupalni. Linolna i linolenska masna kiselina natječu se za iste enzime koji obavljaju konverziju u njihove dugolančane metabolite, pa je zbog toga važan omjer ω -6 i ω -3 masnih kiselina. U svakidašnjoj prehrani rijetko manjka ω -6 masnih kiselina, a unos ω -3 masnih kiselina često je nedovoljan. Omjer ω -6 i ω -3 u uobičajenoj prehrani iznosi 15-16:1, a optimalnim se smatra omjer 4:1; u prehrani naših evolucijskih predaka omjer je iznosio 2-3:1 ili čak 1:1. Unos linolne masne kiseline tijekom posljednjih 20 godina povećao se za 50% (Šatalić i sur., 2016).



Slika 3. Uobičajene masne kiseline (Pine, 1994).

2.4.1.1. Zasićene masne kiseline

U prirodnim uljima i mastima najčešće dolaze masne kiseline s 4-24 ugljikova atoma, a u biljnim uljima najčešće dolaze masne kiseline s 12-18 C atoma (Lelas, 2008). U ulju sjemena maka najzastupljenije zasićene masne kiseline su palmitinska (9,8%) i stearinska (1,9%) (Bozan i Temelli, 2008). Zasićene masne kiseline povisuju ukupni i LDL kolesterol jer blokiraju receptore jetre zadužene za uklanjanje kolesterola iz cirkulacije te potiču endogenu sintezu kolesterola, međutim stearinska se kiselina konvertira u oleinsku i ima neutralan učinak. Dodatni razlog zbog čega je potrebno smanjiti unos zasićenih masnih kiselina je učinak koji se zamjećuje kad je unos energije u suvišku u odnosu na potrebe: ako se suvišak ostvaruje povećanjem unosa zasićenih masti, posljedica je povećanje količine visceralne masti i količine masti u jetri (Šatalić i sur., 2016).

2.4.1.2. Nezasićene masne kiseline

Nezasićene masne kiseline sadržavaju jednu ili više dvostrukih veza pa se s obzirom na to dijele na mononezasićene, odnosno jednostruko nezasićene i polinezasićene, odnosno višestruko nezasićene masne kiseline. U biljnim i životinjskim mastima najčešće dolaze nezasićene masne kiseline s 18 C atoma i jednom, dvije i tri dvostruke veze. Nezasićene masne kiseline su znatno reaktivnije od zasićenih, a kako njihova reaktivnost ovisi o broju dvostrukih veza, vrlo je važno poznavati stupanj nezasićenosti i položaj dvostrukih veza (Lelas, 2008). Prema Bozanu i Temelliju (2008) sadržaj mononezasićene oleinske masne kiseline u ulju sjemena maka iznosi 11,9%, sadržaj polinezasićenih masnih kiselina, koje su ujedno i esencijalne što znači da ih tijelo ne može samo sintetizirati već se moraju uzeti hranom, iznosi 0,6% za linolensku i 74,5% za linolnu.

Linolna masna kiselina

Kao što je već bilo spomenuto, ulje sjemena maka sadži najviše linolne masne kiseline. To je polinezasićena, esencijalna i ω -6 masna kiselina što znači da se prva dvostruka veza pojavljuje na šestom ugljikovom atomu od metilnog kraja. Preporučeni dnevni unos iznosi 5-10% od dnevnog unosa energije (USDA, 2005), a prehrambeni izvori osim biljnih ulja (suncokretovo, šafranike, sojino i kukuruzno) uključuju meso, jaja i orašasto voće (Štalić i sur., 2016).

Neke od funkcija ω -6 masnih kiselina su proizvodnja eikosanoida, uključujući prostaglandine, prekursori su arahidonske (esencijalne) masne kiseline, komponente su membranskih strukturnih lipida, posjeduju ulogu u staničnim signalnim putevima, važni su za normalno funkcioniranje epitelnih stanica, sudjeluju u regulaciji gena za proteine koji reguliraju sintezu masnih kiselina (Otten i sur., 2006). Probava i apsorpcija ω -6 masnih kiselina je učinkovita, a ljudski organizam je u stanju iz linolne kiseline pomoću enzima sintetizirati arahidonsku masnu kiselinu. Ona je prekursor brojnih eikosanoida (prostaglandina, tromboksana, leukotriena) koji su uključeni u proces zgrušavanja krvi, hemodinamiku i tonus krvnih žila. ω -6 masne kiseline se gotovo u potpunosti apsorbiraju te se koriste za izgradnju tkivnih lipida, eikosanoida ili se oksidiraju do ugljikova dioksida i vode te se koriste kao izvor energije. Male količine se mogu izgubiti putem ljuštenja kože i drugih epitelnih stanica. Kada je unos spomenutih masnih kiselina neadekvatan ili je narušena apsorpcija, dolazi do nedostatka koji se manifestira kao poremećaj zdravlja kože koji uključuje grubu i ljuskavu kožu te dermatitis (Otten i sur., 2006).

Tablica 1. Sastav masnih kiselina u ulju sjemena maka (Bozan i Temelli, 2008).

Masna kiselina	Udio u ulju (% GC područja)
Palmitinska (C16:0)	9,8
Stearinska (C18:0)	1,9
Oleinska (C18:1)	11,9
Linolna (C18:2)	74,5
Linolenska (C18:3)	0,6

2.4.2. Negliceridni sastojci ulja i masti

Negliceridni sastojci čine oko 2% ulja, a u njih se ubrajaju vitamini topljivi u mastima, fenolne tvari, skvalen, fosfolipidi, pigmenti, hlapljive tvari i fitosteroli (Škevin, 2013). Navedene komponente imaju brojna svojstva poput biološke aktivnosti vitamina, antioksidacijskog djelovanja fenola, emulgatorskih svojstava fosfolipida, hlapljive tvari i pigmenti utječu na boju i okus, odnosno aromu ulja, a fitosteroli pomažu u snižavanju kolesterola.

Tokoferoli

Tokoferoli su prisutni u gotovo svim prirodnim uljima i mastima ali znatno više u biljnim nego životinjskim. Biljna ulja su i glavni izvor tokoferola, a najviše ih se nalazi u uljima dobivenim iz klica (pšeničnih, kukuruznih), te u sojinu, palminu i suncokretovu ulju. Danas je poznato osam tokoferola, a zajedničko im je da su svi metil derivati tokola, visoko molekularnog cikličkog alkohola. S obzirom na biološko i antioksidacijsko djelovanje najvažniji tokoferoli jesu: α , β , γ i δ . Najnovija ispitivanja su pokazala da najbolje vitaminsko djelovanje ima α - tokoferol, koji je i dobio naziv vitamin E. Tokoferoli sa jakim vitaminskim djelovanjem imaju slabo antioksidacijsko djelovanje i obrnuto. Tako vitaminsko djelovanje opada od α - tokoferola prema δ -tokoferolu, a antioksidacijsko istim redoslijedom raste. α -tokoferol ima, međutim, antioksidacijsko djelovanje *in vivo*, pa u organizmu štiti od oksidacije esencijalne masne kiseline. Udio tokoferola u biljnim uljima ovisi, osim o biljnoj vrsti, i o postupku dobivanja ulja. Po pravilu je udio tokoferola veći u ulju dobivenom ekstrakcijom nego u ulju dobivenom prešanjem. Određeni udjel tokoferola gubi se tijekom rafinacije, a prema podacima iz literature ti su gubitci, ovisno o načinju vođenja procesa, 5 do 30% (Lelas, 2008). Najzastupljeniji tokoferol u ulju sjemena maka je γ -tokoferol ($21,74 \pm 1,20$ mg/100 g ulja) (Bozan i Temelli, 2008).

Fenolne tvari

Fenolne tvari se povezuju sa nutritivnom i senzorskom kvalitetom sjemena. U manjim koncentracijama mogu pomoći u očuvanju sjemena od oksidacijskog kvarenja, ali pri većim koncentracijama može doći do promjene boje, gorkog okusa i užeglosti (Shahidi, 2000). Ne samo sjeme već i ulje sjemenki sadrži znatne količine fenolnih spojeva koji imaju utjecaj na stabilnost ulja (Tovar i sur., 2001). Sadržaj slobodnih fenolnih tvari u sjemenu maka iznosi 229 ± 16 mg/100 g sjemena, esterificiranih 701 ± 86 mg/100 g i ukupnih 930 mg/100 g (Bozan i Temelli, 2008). Fenolne kiseline i njihovi derivati te flavonoidi su dominantni

fenolni spojevi u sjemenkama koje su bogate uljima. Antioksidacijski kapacitet fenolnih kiselina i njihovih estera ovisi o broju hidroksilnih skupina u molekuli. Nekoliko studija ukazuje da ako se fenolne kiseline esterificiraju sa skupinama poput šećera, može doći do porasta antioksidacijskog djelovanja, stoga bi veća količina esterificiranih fenola mogla imati ulogu u zaštiti sjemena od oksidativnog kvarenja (Amarowicz i sur., 2006; Liyana-Pathirana i Shahidi, 2006).

Fitosteroli

Steroli dolaze u svim uljima i mastima te su najzastupljeniji dio negliceridnih spojeva. Po kemijskom sastavu su visoko molekularni ciklički alkoholi. Steroli se obično uklanjaju iz ulja tijekom rafinacije, osobito u procesu neutralizacije i dezodorizacije (Lelas, 2008). Fitosteroli su steroli biljnog podrijetla. β -sitosterol, kampesterol i stigmasterol su sastavni dijelovi membrana biljnih stanica i nalaze se u biljnim uljima, orašastim plodovima, sjemenkama i žitaricama (Weihrauch i Gardner, 1978). Fitosteroli imaju širok spektar bioloških učinaka uključujući protuupalne, antioksidativne i antikancerogene aktivnosti ali najviše se govori o sposobnosti snižavanja kolesterola. Nekoliko je studija pokazalo da biljni steroli inhibiraju apsorpciju kolesterola čime se snižava ukupni kolesterol u plazmi i lipoprotein niske gustoće (LDL) (de Jong i sur., 2003). Od fitosterola, sjeme maka sadrži najviše β -sitosterola i to $58,3 \pm 1,0$ mg/100 g sjemena (Ryan i sur., 2007).

Tablica 2. Sadržaj negliceridnih tvari u maku (Ryan i sur., 2007; Bozan i Temelli, 2008).

Tokoferoli	Ulje maka (mg/100g)	Sjeme maka (mg/100g)	Fenoli	Sjeme maka (mg/100g)	Fitosteroli	Sjeme maka (mg/100g)
α -T	5,53 \pm 0,20	1,40 \pm 0,02	Slobodni	229 \pm 18	β -sitosterol	58,3 \pm 1,0
β -T	1,67 \pm 0,21	0,53 \pm 0,03	Esterificirani	701 \pm 86	Kampesterol	9,8 \pm 0,4
γ -T	21,74 \pm 1,20	8,70 \pm 0,20	Ukupni	930	Stigmasterol	5,7 \pm 0,6
δ -T	0,58 \pm 0,04	0,16 \pm 0,01				
Ukupni	30,9	11,0				

3. EKSPERIMENTALNI DIO

U ovom istraživanju određen je udio ulja i udio vode koji predstavljaju osnovne parametre kvalitete sjemena maka, te je određen sastav masnih kiselina prisutnih u ulju sjemena maka koji ukazuje na prehrambenu vrijednost ulja. 12 uzoraka sjemena maka koje je analizirano potječe iz 2015. godine, a uzgojeno je na eksperimentalnom polju Agronomskog Fakulteta u Zagrebu. Određen je udio ulja Soxhletovom metodom i udio vode sušenjem do konstantne mase te je u ekstrahiranim uzorcima ulja pomoću plinske kromatografije određen sastav masnih kiselina.

3.1. Određivanje udjela vode u sjemenu maka

U ovom radu korištena je standardna metoda (HRN EN ISO 665:2004) za određivanje vode u sjemenu uljarica, sušenjem do konstantne mase u sušioniku pri temperaturi od 103 ± 2 °C.

U osušenu i izvaganu posudicu izvaže se 5 g sjemena s točnošću od 0,001 g sjemena. Posudica se sa podignutim poklopcem stavi u sušionik koji je prethodno zagrijan na 103 ± 2 °C. Nakon 2 sata posudica se u sušioniku zatvori poklopcem i stavi u eksikator hladiti. Kada se ohladi do sobne temperature, izvaže se i ponovo stavi s podignutim poklopcem u sušionik 1 sat. Nakon toga ponovo se hladi i važe. Sušenje se nastavlja po 1 sat dok razlika između dva uzastopna mjerenja ne bude najviše 0,005 g. Za svaki uzorak naprave se dva paralelna određivanja među kojima razlika ne smije biti veća od 0,5%.

Kao rezultat uzima se srednja vrijednost dva paralelna određivanja. Udio vode izražava se u postocima prema formuli :

$$\% \text{ vode} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100 \quad [1]$$

gdje je :

m_0 = masa prazne posudice (g)

m_1 = masa posudice s uzorkom prije sušenja (g)

m_2 = masa posudice s uzorkom nakon sušenja (g)

3.2. Određivanje udjela ulja u sjemenu maka (metoda po Soxhletu)

U ovom radu korištena je standardna metoda (HR EN ISO 659:2010) za određivanje ulja metodom po Soxhletu. U tuljcu za ekstrakciju izvaže se 5-10 g samljevenog očišćenog sjemena maka. Mljevenje je izvršeno u električnom mlinu za kavu. Izvaganu uzorak u tuljcu zatvori se vatom. Tuljac se nakon toga stavi u aparat za ekstrakciju, doda potrebni volumen otapala, a ekstrakt se skuplja u izvaganu tikvicu u koju su stavljene 1-2 staklene kuglice za vrenje. Ekstrakcija se provodi 8 sati u aparatu po Soxhletu. Nakon završene ekstrakcije otpari se otapalo, a ostatak suši 60 minuta pri 103 ± 2 °C, ohladi i važe. Sušenje se nastavlja po 30 minuta do konstantne mase. Rezultati se izražavaju kao srednja vrijednost dva paralelna određivanja s tim da razlika ne prelazi 0,5%, a izražava se jednom decimalom. Maseni udio ulja izračuna se prema formuli:

$$\% \text{ ulja} = \frac{m_1}{m_0} \times 100 \quad [2]$$

gdje je:

m_0 = masa uzorka sjemena (g)

m_1 = ukupna masa ekstrahiranog ulja (g)

3.3. Određivanje sastava masnih kiselina u ulju sjemena maka

Sastav masnih kiselina određen je plinskom kromatografijom. Metilni esteri masnih kiselina, pripremljeni prema metodi HRN EN ISO 5509:2004, injektirani su u plinski kromatograf Agilent Technologies 6890N Network GC System (Santa Clara, SAD) opremljen plameno – ionizacijskim detektorom (FID) slijedeći metodu HRN EN ISO 5508:1999. Metilni esteri razdvojeni su na DB-23 kapilarnoj koloni (60 m x 0,25 mm x 0,25 μ m) s cijanopropil-silikonom kao stacionarnom fazom (Agilent, Santa Clara, SAD). Helij je korišten kao plin nosioc s protokom od 1,5 mL min⁻¹. Temperatura injektora je na 250°C, a temperatura detektora na 280°C. Temperatura pećnice je programirana da raste 7°C min⁻¹ od 60°C do konačne temperature od 220 °C na kojoj se zadržavala još 17 min. Split omjer bio je postavljen na 30:1. Identifikacija pojedinih masnih kiselina provedena je usporedbom vremena zadržavanja metilnih estera pojedine masne kiseline s vremenom zadržavanja metilnih estera standardne smjese 37 masnih kiselina (F.A.M.E.) poznatog sastava. Za izračunavanje kvantitativnog sastava masnih kiselina korištena je metoda normalizacije površina.

4. REZULTATI

U ovom istraživanju provedena je analiza kemijskog sastava sjemena maka. Određen je udio vode, ulja i sastav masnih kiselina u ulju. Analiza je provedena u Laboratoriju za tehnologiju ulja i masti na Prehrambeno-biotehnološkom fakultetu u Zagrebu. Rezultati su prikazani tablično.

Tablica 3. Osnovni parametri kvalitete sjemena maka različitih sorti.

Uzorak	Udio ulja (%)	Udio vode (%)	Udio ulja na suhu tvar (%)
	2015		
1 - Opal	42,1	5,7	44,6
2 - Lazur	38,3	5,7	40,6
3- Major	39,0	5,8	41,4
4 - Matis	41,7	5,8	44,2
5 - Gornji Bogičevci	43,9	5,4	46,4
6 - Beli Manastir	42,4	5,8	45,1
7 - Staro Petrovo Selo	41,6	5,2	43,9
8 - Janja Lipa 1	42,0	5,3	44,4
9 - Janja Lipa 2	42,7	5,4	45,2
10 - Tovarnik 1990	43,1	5,4	45,6
11 - Tovarnik 1950	41,7	5,4	44,1
12 - Trnovec	41,9	5,4	44,2

Tablica 4. Sastav masnih kiselina ulja maka iz različitih sorti (% od ukupnih masnih kiselina).

Uzorak	C16:0	C18:0	C18:1 (ω-9)	C18:2 (ω-6)	C18:3 (ω-3)
	2015				
1 - Opal	9,2%	2,4%	19,3%	67,5%	1,0%
2 - Lazur	9,2%	2,7%	21,7%	69,4%	1,1%
3- Major	9,5%	2,2%	18,8%	68,3%	0,9%
4 - Matis	9,1%	2,1%	20,3%	66,4%	0,9%
5 - Gornji Bogičevci	9,2%	2,1%	16,3%	71,1%	0,8%
6 - Beli Manastir	9,1%	2,2%	18,4%	69,1%	0,8%
7 - Staro Petrovo Selo	9,6%	1,9%	12,9%	73,4%	0,9%
8 - Janja Lipa 1	9,4%	2,0%	15,3%	70,2%	0,7%
9 - Janja Lipa 2	8,9%	2,2%	16,8%	70,7%	0,8%
10 - Tovarnik 1990	9,3%	2,1%	17,2%	70,1%	0,9%
11 - Tovarnik 1950	10,1%	2,0%	16,4%	70,0%	1,0%
12 - Trnovec	9,7%	2,0%	15,0%	71,9%	0,8%

5. RASPRAVA

Ovo istraživanje nastavak je rada iz 2014. godine, a cilj ovog završnog rada bio je odrediti udio vode, ulja i sastava masnih kiselina u ulju sjemena maka. Ta tri parametra su važna kod određivanja ekonomske isplativosti izvora za proizvodnju ulja te kvalitete konačnog proizvoda. O sastavu masnih kiselina ovise kemijska i fizikalna svojstva ulja, tipa talište, mazivost i konzistencija ovise o sastavu triglicerida, tj. kako su masne kiseline vezane za glicerol. Sastav masnih kiselina može se koristiti i kao metoda za određivanje autentičnosti ulja. Omjer oleinske i linolne masne kiseline određuje kvalitetu ulja i njegovu konačnu uporabu. Sastav masnih kiselina ali i udio vode utječe na trajnost, odnosno kvarenje ulja. Kvarenje ulja najčešće je posljedica oksidacijskih procesa koji se mogu zbivati tijekom procesiranja i skladištenja prehrambenih proizvoda. To se odražava u njihovim lošim senzorskim i nutritivnim svojstvima zbog čega na kraju postaju neprihvatljivi za ljudsku prehranu. Oksidativna stabilnost je važan parametar u određivanju kvalitete ulja i vrlo je važna sa zdravstvenog i ekonomskog aspekta. Oksidacijom ulja gubi se i jedan dio biološki aktivnih spojeva kao što su esencijalne masne kiseline, vitamini i prirodni antioksidansi, a razgradni produkti mogu inicirati oksidacijske procese *in vivo* i time pospješiti pojavu različitih oboljenja. Proces oksidacije uglavnom uključuje degradaciju polinezasićenih masnih kiselina i nastajanje slobodnih radikala što utječe na gubitak nutritivnih svojstava ulja. U pravilu, velike količine linolenske masne kiseline su neadekvatne za proizvodnju prehrambenih proizvoda koji sadrže ulje zato što su nestabilne i može doći do reverzije arome zbog autooksidacije. Što se tiče udjela vode, sjeme sa smanjenim udjelom vlage može se skladištiti kroz dulji vremenski period pošto veći sadržaj vlage može izazvati razgradnju masnih kiselina uz pomoć mikroorganizama ili enzima (β -oksidacija). Osim oksidacijskog kvarenja, u nekim uljima ili proizvodima koji uz ulje sadržavaju i vodu te lipolitičke enzime može doći do hidrolitičkog kvarenja, što ima za posljedicu stvaranje slobodnih masnih kiselina koje iako nisu štetne za zdravlje ljudi, utječu na smanjenje održivosti ulja jer djeluju kao prooksidansi.

U radu su provedene analize na dvanaest različitih sorti plavog sjemena maka uzgojenih 2015. godine na polju Agronomskog fakulteta u Zagrebu.

Udio vode u sjemenu maka različitih sorti je prikazan u Tablici 3. U sjemenu maka različitih sorti smo odredili udio vode i on se kretao u rasponu od 5,2 do 5,8%. Sorta koja je imala najmanji udio vode je Staro Petrovo Selo (5,2%), a sorte s najvećim udjelom vode su Major, Matis i Beli Manastir (5,8%). U radu Rakuljić (2015) udio vode iznosi 5,2 – 6,0% što

odgovara našim rezultatima. Bozan i Temelli (2008) su ispitivanjem dobili udio vode od 5,3% što odgovara udjelu vode u našim analiziranim uzorcima. Prema istraživanju Nergiz i Ötles (1994) određen je udio vode u sjemenu maka i on je iznosio 5,0%, što je malo manje od našeg raspona. Özcan i Atalay (2006) navode vrijednosti za udio vode od 3,4 do 4,8% što je nešto manje u usporedbi s našim ispitivanim uzorcima. Razlike u udjelu vode se mogu objasniti različitim genetskim faktorima, različitim stupnjem zrelosti sjemena, različitim vremenskim uvjetima uzgoja sjemena te različitim uvjetima tijekom skladištenja, budući da udio vode u sjemenu uvelike ovisi o vremenskim prilikama tijekom dozrijevanja i žetve, stupnju zrelosti sjemena te o relativnoj vlažnosti zraka prilikom skladištenja.

Dobiveni rezultati udjela ulja prikazani su u Tablici 3. i iznose između 40,6 i 46,4%. Najveći udio ulja na suhu tvar dobiven je u sjemenu maka sorte Gornji Bogičevci i on iznosi 46,4%, dok je najmanji udio ulja sadržavalo sjeme maka sorte Lazur (40,6%). U istraživanju Rakuljić (2015) udio ulja iznosi od 39,7 do 47,9% i odgovara našim rezultatima. U radu Nergiz i Ötles (1994) udio ulja je iznosio 44,0% što odgovara našem rasponu. Udio ulja u sjemenu maka prema istraživanju Özcan i Atalay (2006) iznosi 32,4 – 45,5% što predstavlja veliki raspon pa ako se gleda prema donjoj vrijednosti raspona, ovaj udio ulja je manji od naših vrijednosti, a ako se gleda prema gornjoj vrijednosti raspona, udio ulja je u skladu s našim vrijednostima. Razlog tome mogu biti različite sorte iz kojih se određivalo ulje. U usporedbi s podacima iz znanstvenog rada Bozan i Temelli (2008) koji iznose 49,9%, udio ulja sjemena maka u našem istraživanju je manji. U radu Ryan i sur. (2007) udio ulja je iznosio 39,5% što odgovara našim mjerenjima. Udio ulja u sjemenu maka može se razlikovati ovisno o sorti, genetskim faktorima, agrotehničkim mjerama uzgoja, geografskom mjestu uzgoja, uvjetima tijekom žetve i skladištenja te o metodi separacije ulja.

Sastav masnih kiselina ulja iz različitih sorti maka je prikazan u Tablici 4. Dominantna masna kiselina u svim analiziranim uzorcima ulja iz sjemena maka je linolna (C18:2) i varira između 66,4% (Matis) i 73,4% (Staro Petrovo Selo). Druga najzastupljenija masna kiselina je oleinska (C18:1) i njen udio je bio između 12,9% (Staro Petrovo Selo) i 21,7% (Lazur). Pronađen je visok udio palmitinske masne kiseline (C16:0) (9,1 – 10,1%) u usporedbi sa stearinskom kiselinom (C18:0) (1,9 – 2,4%). Sorta maka koja je sadržavala najmanji udio palmitinske kiseline (8,9%) je Janja Lipa 2, a sorta koja je sadržavala najveći udio je Tovarnik 1950 (10,1%). Sorta Staro Petrovo Selo sadrži najmanji udio stearinske kiseline (1,9%), dok najviše sadrži sorta Lazur (2,7%). Najmanji udio masnih kiselina otpada na linolensku masnu

kiselinu (C18:3), a u analiziranim uzorcima iznosi 0,7 - 1,1%. Sorta s najmanjim udjelom linolenske kiseline (0,7%) je Janja Lipa 1, a s najvećim udjelom (1,1%) je sorta Lazur.

U usporedbi s istraživanjem Rakuljić (2015), udjeli stearinske (1,8 – 2,3%) i oleinske masne kiseline (12,9 – 20,5%) su nešto manji od naših, udio linolenske (0,6 – 1,5%) je nešto veći, a udjeli palmitinske (8,7 – 10,0%) i linolne masne kiseline (65,5 – 73,7%) odgovaraju našim rezultatima. U radu Özcan i Atalay (2006) udjeli palmitinske i stearinske masne kiseline su veći nego u naših rezultata. Oni navode udio palmitinske kiseline od 12,9 do 18,7%, te udio stearinske kiseline od 2,4 do 4,3%. Udjeli oleinske i linolne masne kiseline odgovaraju našim vrijednostima te iznose 13,1 – 24,1% za oleinsku i 52,6 – 71,5% za linolnu. Udio linolenske masne kiseline je bio manji u odnosu na naše rezultate i iznosi 0,2 do 0,5%. Naši rezultati su slični s rezultatima koje su proveli Bozan i Temelli (2008), oni navode udio palmitinske kiseline od 9,8% i udio stearinske kiseline od 1,9%. Udio linolenske kiseline od 0,6% i udio oleinske kiseline 11,9% je nešto manji od naših rezultata te udio linolne kiseline 74,5% koji nije u skladu s našim rezultatima nego je nešto viši. Ryan i sur. (2007) odredili su sastav masnih kiselina u ulju sjemena maka i dobiveni udio palmitinske masne kiseline (12,2%) i linolenske kiseline (1,3%) je nešto veći u odnosu na naše rezultate dok je udio linolne kiseline (59,9%) manji. Udjeli stearinske (2,3%) i oleinske kiseline (22,2%) odgovaraju našim vrijednostima. U literaturi Pushpangadan i sur. (2012) navode se podaci za udio palmitinske kiseline od 8,9 do 21,5%, udio stearinske od 1,4 do 10,8%, udio linolenske od 0,0 do 9,4% što spada u naše raspone te udio oleinske kiseline od 13,2 do 36,8% što je više i udio linolne kiseline od 41,0 do 60,0% što je manje nego u našim analiziranim uzorcima ulja. U ovoj literaturi možemo vidjeti da udjeli masnih kiselina ulja sjemena maka značajno variraju ovisno o sorti maka i nalaze se u jako širokim rasponima. U navodima znanstvenog rada Nergiz i Ötles (1994) udjeli palmitinske kiseline (8,6%), stearinske kiseline (1,8%) i oleinske kiseline (12,8%) su na donjim granicama naših raspona. Udio linolne masne kiseline je nešto veći (75,7%), dok je udio linolenske kiseline (0,4%) manji u odnosu na rezultate koji su dobiveni u našem istraživanju. Gledajući literaturu možemo vidjeti da najveći udio masnih kiselina u ulju sjemena maka otpada na linolnu kiselinu. Zatim slijedi oleinska kiselina te palmitinska i stearinska kiselina, a najmanji udio otpada na linolensku masnu kiselinu. Iz svega navedenog možemo zaključiti da udio pojedinih masnih kiselina kao i udio ulja u sjemenu maka znatno varira ovisno o vrsti i sorti, porijeklu te ovisi o mnogim čimbenicima kao što su klimatski uvjeti mjesta uzgoja, agrotehnoške mjere uzgoja, ovisi o uvjetima tijekom žetve, skladištenja, pojedinim tehnoloških metodama proizvodnje te vjerojatno i o analitičkim metodama određivanja.

6. ZAKLJUČAK

Na temelju provedenog istraživanja te dobivenih i obrađenih rezultata mogu se izvesti sljedeći zaključci:

1. Udio vode u sjemenu maka (5,2 – 5,8%) i udio ulja (40,6 – 46,4%) su u skladu s literaturnim navodima.
2. Sorte koje se ističu po udjelu ulja su Gornji Bogičevci (46,4%), Tovarnik 1990 (45,6%), Janja Lipa 2 (45,2%) i Beli Manastir (45,1%), a sorta s najmanje ulja je Lazur (40,6%).
3. U uzorcima ulja detektirane su linolna, oleinska, palmitinska, stearinska i linolenska masna kiselina.
4. Najzastupljenija masna kiselina u svim uljima sjemena maka različitih sorti je linolna kiselina. Sorta Staro Petrovo Selo se ističe s najvećim udjelom od 73,4%, dok najmanji udio ima sorta Matis (66,4%).
5. Najveći udio oleinske masne kiseline ima sorta Lazur (21,7%), a najmanji udio od 12,9% ima sorta Staro Petrovo Selo.
6. Sorta maka koja je sadržavala najveći udio palmitinske kiseline (10,1%) je Tovarnik 1950, a sorta koja je sadržavala najmanji udio je Janja Lipa 2 (8,9%).
7. Usporedbom sjemena maka različitih sorti s obzirom na udio ulja i sastava masnih kiselina, možemo zaključiti da je sjeme sorte Gornji Bogičevci najbolje kvalitete zbog najvećeg udjela ulja i esencijalnih masnih kiselina.

7. LITERATURA

Amarowicz, R., Raab, B., Shahidi, F. (2003) Antioxidant activity of fenolic fractions of rapeseed. *J. Food Lipids* **10**, 51-62.

Anonymous (2010) Benefits of Poppy Seed, <<http://ayurveda.ygoy.com/2010/09/06/benefits-of-poppy-seeds/>>. Pristupljeno 11. ožujka 2012.

Anonymous (2016) <<http://www.novosti.rs/upload/images/2014//13/12/zp/14a.jpg>> Pristupljeno 15. svibnja 2016.

Bazilevskays, N.A. (1976) On the Races of the Opium Poppy Growing in Semireche and the Origin of their Culture (prevedeno s ruskog), Amrind Publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi.

Bozan, B., Temelli, F. (2008) Chemical composition and oxidative stability of flax, safflower and poppy seed and seed oils. *Bioresour. Technol.* **99**, 6354-6359.

De Jong, N., Plat, J., Mensink, R.P. (2003) Metabolic effects of plant sterols and stanols. *J. Nutr. Biochem.* **4**, 362-369.

Gök, V., Akkaya, L., Obuz, E., Bulut, S. (2011) Effect of ground poppy seed as a fat replacer on meat burgers. *Meat Sci.* **89**, 400-404.

Gümüşçü, A., Arslan, N., Sarihan, E.O. (2008) Evaluation of selected poppy (*Papaver Somniferum* L.) lines by their morphine and other alkaloids contents. *Eur. Food Res. Technol.* **226**, 1213-1220.

HRN EN ISO 5508:1999, Životinjske i biljne masti i ulja - Analiza metilnih estera masnih kiselina plinskom kromatografijom.

HRN EN ISO 5509:2004, Životinjske i biljne masti i ulja - Priprema metilnih estera masnih kiselina.

HRN EN ISO 659:2010, Uljarice - Određivanje udjela ulja (Referentna metoda).

HRN EN ISO 665:2004, Uljarice - Određivanje količine vode i hlapljivih tvari.

Koc, H. (2002) Improvement of the poppy agriculture in Turkey. Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Kocatepe Agricultural Research Institute, Afyon, Turkey.

Lelas, V. (2008) Procesi pripreme hrane, Golden marketing-Tehnička knjiga, Zagreb.

Li, S., Yuan, W., Yang, P., Antoun, M.D., Balick, M.J., Cragg, G.M. (2010) Pharmaceutical crops and overview. *Pharm. Crops* **1**, 1-17.

Liyana-Pathirana, C.M., Shahidi, F. (2006) Importance of insoluble-bound phenolics to antioxidant properties of wheat. *J. Agric. Food Chem.* **54**, 1256-1264.

Midilli, M., Bayram, I., Erol, H., Cetingul, I.S., Cakir, S., Calikoglu, E., Kiralan, M. (2009) The Effect of Dietary Poppy Seed and Sunflower oil on Performance, Reproduction and Egg Quality and Fatty Acid Profile of Egg Yolk in the Japanese Quail. *J. Anim. Vet. Adv.* **8**, 379-384.

Morton, J.F. (1977) Major Medicinal Plants. Botany, Culture and Uses, C.C. Thomas Publishers, USA.

Nergiz, C., Ötleş, S. (1994) The Proximate Composition and some Minor Constituents of Poppy Seed. *J. Sci. Food Agric.* **66**, 117-120.

Nova Scotia Museum (2012) Poppy (Papaver Species), <<http://museum.gov.ns.ca/poison/?section=species&id=102>>. Pristupljeno 11. ožujka 2012.

Otten, J.J., Hellwig, J.P., Meyers, L.D. (2006) Dietary Reference Intakes: The Essential Guide to Nutrient Requirements, THE NATIONAL ACADEMIES PRESS, Washington DC.

Özcan M.M., Atalay, Ç. (2006) Determination of seed and oil properties of some poppy. *Grasas y Aceites* **57**, 169-174.

Pine, S.H. (1994) Organska kemija (prevedeno s engleskog), 3. izd., Školska knjiga, Zagreb.

Pospišil, M. (2013) Ratarstvo II. dio - industrijsko bilje, Zrinski d.d., Čakovec.

Pravilnik o jestivim uljima i mastima (2012) *Narodne novine* **46**, Zagreb.

Pushpangadan, P., George, I.V., Singh, I., Singh, S.P. (2012) Poppy. U: Handbook of Herbs and Spices, (Peter, K.V., ured.), Woodhead Publishing Series in Food Science and Nutrition, str. 437-448.

Rakuljić, B. (2015) Sastav ulja maka iz različitih sorti. Završni rad. Prehrambeno-biotehnološki fakultet. Sveučilište u Zagrebu. Zagreb.

- Ryan, E., Galvin, K., O'Connor, T.P., Maguire, A.R., O'Brien, N.M. (2007) Phytosterol, Squalene, Tocopherol Content and Fatty Acid Profile of Selected Seeds, Grains and Legumes. *Plant Foods Hum. Nutr.* **62**, 85-91.
- Shahidi, F. (2000) Antioxidants in food and food antioxidants. *Nahrung* **44**, 158-163.
- Shukla, S., Singh, S.P., Yadav, H.K., Chatterjee, A. (2006) Alkaloid spectrum of different germplasm lines in opium poppy (*Papaver Somniferum* L.). *Genet. Resour. Crop Evol.* **53**, 533-40.
- Singh, S.P., Khanna, K.R., Shukla, S., Dixit, B.S., Banerji, R. (1995) Prospects of breeding opium poppies (*Papaver Somniferum* L.) as a high-linoleic-acid crop. *Plant Breed.* **114**, 89-91.
- Singh, S.P., Shukla, S., Khanna, K.R. (1999) Breeding strategies in opium poppy (*Papaver Somniferum* L.). *Appl. Bot. Abstr.* **19**, 121-39.
- Štalić, Z., Sorić, M., Mišigoj-Duraković, M. (2016) Sportska prehrana, Znanje, Zagreb.
- Škevin, D. (2013) Osnove tehnologije ulja i masti. Predavanje iz kolegija Osnove prehrambenih tehnologija 2013. Prehrambeno-biotehnološki fakultet. Sveučilište u Zagrebu. Zagreb.
- Tovar, M.J., Motiva, M.J., Romero, M.P. (2001) Changes in the Phenolic composition of virgin olive oil from young trees (*Olea europea* L.cv.Arbequina) grown under linear irrigation strategies. *J.Agric. Food Chem.* **49**, 5502-5508.
- U.S. Department of Agriculture (2005) USDA Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids.
- Walter, T.M., Radha, G.G (2005) Toxic Plants in Tradicional Indian Systems of Medicine. Bibliographic Informatics Division, National Informatics Centre, A-Block, CGO Complex, Lodhi Road, New Delhi-110 003.
- Weihrauch, J.L., Gardner, J.M. (1978) Sterol content of foods of plant origin. *J. Am. Diet. Assoc.* **73**, 39-44.