

# Modeli odnosa masnih kiselina i kolesterola u krvi

---

**Kukina, Luka**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:159:061212>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-10-07**



*Repository / Repozitorij:*

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



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

**Luka Kukina**

7157/N

**MODELI ODNOSA MASNIH KISELINA I KOLESTEROLA**  
**U KRVI**

**ZAVRŠNI RAD**

**Predmet:** Modeliranje i optimiranje u nutricionizmu

**Mentor:** prof.dr.sc. Jasenka Gajdoš Kljusurić

**Zagreb, 2017.**

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet  
Preddiplomski sveučilišni studij Nutricionizam

Zavod za procesno inženjerstvo  
Laboratorij za mjerenja, regulaciju i automatizaciju

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti  
Znanstveno polje: Nutricionizam

## MODELI ODNOSA MASNIH KISELINA I KOLESTEROLA U KRVI

Luka Kukina, 7157

**Sažetak:** Cilj ovog istraživanja je bio procijeniti utjecaj svih vrsta masnih kiselina na promjenu razine kolesterola u krvi te pronaći uzročno-posljedičnu vezu između kolesterola u krvi i kardiovaskularnih bolesti kroz različite modele. U teorijskom dijelu rada korištena su individualna istraživanja, meta analize te znanstveni radovi koji su modelima predočavali dobivene rezultate. Brojna istraživanja potvrdila su pozitivnu korelaciju između unosa masnih kiselina sa povećanjem razine kolesterola u krvi. Ovo istraživanje ukazuje da zasićene masne kiseline podižu LDL i HDL razinu kolesterola te da smanjuju omjer ukupnog i HDL kolesterola, nezasićene masne kiseline snižavaju razinu LDL, a podižu razinu HDL kolesterola te također smanjuju omjer ukupnog i HDL kolesterola, a trans masne kiseline povećavaju razinu LDL dok smanjuju razinu HDL kolesterola u krvi te povećavaju omjer ukupnog i HDL kolesterola. Iako je ovo istraživanje potvrdilo korelaciju između povišenog ukupnog i LDL kolesterola sa povećanom razinom smrtnosti od kardiovaskularnih bolesti, uzročnost tog odnosa nije poznata.

**Ključne riječi:** zasićene masne kiseline, nezasićene masne kiseline, kolesterol, kardiovaskularne bolesti, modeli

**Rad sadrži:** 23 stranice, 11 slika, 16 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:** *prof.dr.sc. Jasenka Gajdoš Kljusurić*

**Datum obrane:** rujan 2017.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

**Bachelor thesis**

**Universtiy of Zagreb**  
**Faculty of Food Technology and Biotechnology**  
**Undergraduate studies Nutrition**

**Department of Process engineering**  
**Laboratory for Measurement, Regulation and Automatisation**

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

### **RELATIONSHIP MODELS BETWEEN FATTY ACIDS AND BLOOD CHOLESTEROL**

Luka Kukina, 7157/N

**Abstract:** The purpose of this study was to evaluate effects of all kinds of fatty acids on the level changes of the blood cholesterol and also to find a link between blood cholesterol and cardiovascular diseases using different models. In theoretical part of the bachelor thesis were used individual studies, meta analysis and studies whose results are shown in different kinds of models. Many studies have confirmed the positive correlation between the fatty acids intake and increased levels of blood cholesterol. This bachelor thesis indicate that saturated fatty acids increase the levels of LDL and HDL and lower the ratio between total and HDL cholesterol, unsaturated fatty acids lower the LDL and increase HDL cholesterol levels and also lower the ratio between total and HDL cholesterol and trans fatty acids increase the levels of LDL and lower the levels of HDL cholesterol and increase the ratio between total and HDL cholesterol. Although, this bachelor thesis confirmed the correlation between the total and LDL cholesterol with the increased levels of deaths caused by cardiovascular diseases, causation of this relation is still not known.

**Keywords:** saturated fatty acids, unsaturated fatty acids, cholesterol, cardiovascular diseases, models

**Thesis contains:** 23 pages, 11 figures, 16 references

**Original in:** Croatian

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

**Mentor:** PhD. *Jasenka Gajdoš Kljusurić*, Full Professor

**Defence date:** September 2017.

## **SADRŽAJ**

1. UVOD .....	1
2. TEORIJSKI DIO.....	2
2.1. LIPIDI.....	2
2.1.1. PROBAVA I METABOLIZAM LIPIDA.....	2
2.1.2. PODJELA MASNIH KISELINA .....	3
2.1.3. ZASIĆENE MASNE KISELINE .....	5
2.1.4. NEZASIĆENE MASNE KISELINE.....	6
2.1.4.1. MONONEZASIĆENE MASNE KISELINE .....	6
2.1.4.2. POLINEZASIĆENE MASNE KISELINE .....	7
2.1.4.3. OMEGA-3 MASNE KISELINE.....	8
2.1.4.4. TRANS MASNE KISELINE .....	8
2.2. KOLESTEROL.....	9
2.2.1. PROBAVA I APSORPCIJA KOLESTEROLA.....	10
2.2.2. NOSAČI KOLESTEROLA TE NJEGOV PRIJENOS KRVOTOKOM.....	11
2.2.3. UTJECAJ KOLESTEROLA NA RIZIK OD KARDIOVASKULARNIH BOLESTI.....	12
2.3. UTJECAJ MASNIH KISELINA NA KOLESTEROL.....	16
2.3.1. UTJECAJ ZASIĆENIH MASNIH KISELINA NA KOLESTEROL.....	16
2.3.2. UTJECAJ NEZASIĆENIH MASNIH KISELINA NA KOLESTEROL.....	18
2.3.3. UTJECAJ TRANS MASNIH KISELINA NA KOLESTEROL.....	19
2.3.4. PREPORUKE ZA PREHRANU KOJA ĆE SMANJITI RIZIK OD KVB .....	20
3. ZAKLJUČAK.....	21
4. LITERATURA .....	22

## 1. UVOD

Kasnih 1940-ih godina masti i kolesterol došli su pod povećalo znanstvene i medijske pažnje što je rezultiralo povećanjem broja znanstvenih radova o utjecaju masti iz prehrane na ljudsko zdravlje. Skupljen je dovoljan broj ispitanika koji su bili potrebni za veliki broj znanstvenih radova koji su u to vrijeme provedeni i objavljeni. S tolikim uložnim trudom očekivalo bi se da će ljudi danas imati prehrambene smjernice, koje će poboljšati zdravlje ljudi kao i ljudsku dugovječnost, sa znanstvenom podrškom iza sebe. Naše razumijevanje biokemije masti iz prehrane i utjecaj na fiziologiju čovjeka je doživjelo ogromni napredak dok su smjer i sigurnost u prehrambene preporuke i dalje na nezavidnoj razini (Lawrence, 2010). Kolesterol je prvo otkriven u krvi 1812. godine, a kasnijih godina tog stoljeća pronađen je u plaku na stijenkama arterija. Kako se tada smatralo da sav kolesterol u krvi dolazi upravo iz prehrane činilo se razumno zaključiti kako je kolesterol odgovoran za kardiovaskularne bolesti. Iako se o kolesterolu u to vrijeme nije dovoljno znalo i usprkos nelogičnostima u provedenim laboratorijskim eksperimentima, činjenica da se kolesterol nalazi i u krvi i u plaku na krvnim žilama bila je dovoljna da se uspostavi uzročno-posljedična veza (Smith i Pinckney, 1993). Kako se pokazalo da zasićene masne kiseline podižu razinu ukupnog kolesterola kao i LDL-a (low density lipoprotein) u krvi bile su glasno osuđene i etiketirane kao „loša“ hrana dok su u drugu ruku nezasićene masne kiseline koje smanjuju ukupnu razinu LDL-a i ukupnog kolesterola u krvi automatski bile smatrane „dobrom“ hranom (Lawrence, 2010). Kod bilo koje uzročno posljedične veze koja se opisuje slikom, jednadžbom i sl. koriste se modeli. Ako odnos opisujemo slikom – odnos se izražava konceptualnim modelima, dok se jednadžbe uvrštavaju u matematičke modele. Također postoje simulacijski modeli koji predviđaju međudjelovanja i ti se modeli nazivaju računalni modeli.

U ovom radu je prikazan odnos lipida, točnije masnih kiselina, s kolesterolom u krvi te se različitim modelima opisuje njihova uzročno posljedična veza.

## **2. TEORIJSKI DIO**

### **2.1. LIPIDI**

Ulja i masti, stručno zvani lipidi, građeni su od molekula triglicerida. Ukoliko je skupina triglicerida pri sobnoj temperaturi u tekućem stanju, riječ je o uljima, a ako je pri sobnoj temperaturi u krutom stanju radi se o mastima. Trigliceridi su strukture građene od tri masne kiseline esterificirane na molekulu glicerola (Mary, 1983). Svojstva triglicerida uvelike ovise o duljini ugljikovih lanaca te o stupnju zasićenosti masnih kiselina. Trigliceridi koji sadrže kratkolančane (2-8 ugljikovih atoma u strukturi) masne kiseline, isto kao i nezasićene masne kiseline najčešće su ulja, dok su dugolančane i zasićene masne kiseline uglavnom gradivni dijelovi masti (Driskell, 2007). Fiziološka sposobnost čovjeka da višak unesenih kalorija kroz prehranu pohrani u obliku masti predstavlja važnu evolucijsku i biološku prednost ljudi. Salo je najisplativije mjesto za pohranu viška energije za sva živa bića. Masti i ulja iz prehrane čovjeku osiguravaju otprilike dvostruko više energije od jednake mase ugljikohidrata i proteina: 9 kilokalorija (kcal)/1 gram masti u usporedbi sa 4 kilokalorija (kcal)/1 gram ugljikohidrata ili proteina (Lawrence, 2010). Budući je to makronutrijent koji ima najveću energetska gustoću i budući je učinkovito spremljen u stanice adipocita (masne stanice), masti su primaran izvor energije tijekom mirovanja kao i tijekom tjelesne aktivnosti. Na staničnoj razini, lipidi igraju važnu ulogu u izgradnji staničnih membrana, propusnosti staničnih membrana, peroksidaciji, sintezi prostaglandina i leukotriena te u staničnim metaboličkim procesima. Također, masti imaju ulogu u: apsorpciji te transportu vitamina topljivih u mastima (vitamini A, D, E i K), upalnim procesima, starenju te obnavljanju stanica (Driskell, 2007). Iako mozak energiju za svoj rad dobiva gotovo isključivo iz glukoze, određene masti – točnije esencijalne masne kiseline potrebne su za razvoj mozga u fetusa, novorođenčadi te djece, a potrebne su i za održavanje odgovarajućih moždanih funkcija u odraslih (Lawrence, 2010).

#### **2.1.1. PROBAVA I METABOLIZAM LIPIDA**

Ukupni lipidni dio unesen prehranom tipičnom zapadnjačkom dijetom sastoji se od triglicerida, fosfolipida te kolesterola. Na trigliceride opada velika većina od tog ukupnog unosa, otprilike 150g/dan (Driskell, 2007). Nakon što je mast unesena u organizam prvo mora biti probavljena da bi se mogla apsorbirati kroz crijevnu stijenu. Većina probave masti događa se u gornjem dijelu tankog crijeva i moguća je zbog postojanja posebnih probavnih enzima nazvanih lipaze (Mary, 1983). Djelomično probavljeni lipidi izlaze iz želudca te je daljnja probava osigurana izlučivanjem

žučnih soli i kiseline u dvanaesnik. Žuč je pohranjena u žučnom mjehuru, a proizvodi ju jetra. Bikarbonati, proizvedeni iz gušterače, stvaraju poželjnu pH vrijednost u okolini koja omogućava hidrolizu i stvaranje emulzije triglicerida te u kombinaciji sa žući nastaju idealni uvjeti za djelovanje pankreatične lipaze. Hidroliza triglicerida lipazom rezultira nastajanjem mješavine monoglicerida, diglicerida te slobodnih masnih kiselina. Samo je mali dio triglicerida hidroliziran skroz do glicerola i slobodnih masnih kiselina. Žučne soli i kiselina, zajedno sa fosfolipidima, pomaže u apsorpciji lipida utoliko što stvara micelle, koloidne sustave, koje omogućavaju prolaz hidrofobnih molekula kroz tanki sloj vode do enterocita. Daljnji prolazak u enterocite omogućen je mehanizmima: jednostavnom difuzijom, olakšanom difuzijom te aktivnim transportom. Masne kiseline dulje od 12 ugljikovih atoma moraju se prvotno iznova staničnim metabolizmom formirati, dok se masne kiseline kraće od 12 ugljikovih atoma izravno šalju krvotokom do jetre (Driskell, 2007). Te kratkolančane masne kiseline i srednjelančane masne kiseline isto tako i osiguravaju dobitak energije značajno brže, slično kao i ugljikohidrati. Dulje masne kiseline se naposljetku pakiraju na nosače zvane hilomikroni koji se proizvode u stanicama crijeva za svrhu transporta egzogenih masnih kiselina. Jednom kad trigliceridi upakirani u hilomikrone dopiju do krajnjih destinacija, opetovano su rastavljeni na sve manje jedinice, sve dok ih njih ne nastanu energetske molekule zvane ATP. Ovaj proces, koji proizvodi energiju, zove se oksidacija. Uglavnom taj proces odvija se u mitohondrijima te ponekad u peroksisomima. Ukoliko stanici u tom trenutku energija nije potrebna manje jedinice sintetiziraju masne kiseline koje se potom, u obliku triglicerida, pospremaju u adipozno tkivo. Spora probava masti omogućava postepen dovod energije stoga ne dolazi do akumuliranja sala u adipocitima nakon obroka. Isto tako, spora probava masti pomaže organizmu da apsorbira više mikronutrijenata iz obroka. S druge strane, prevelik unos masti kroz prehranu lako će rezultirati povećanjem masne mase tijela, iako, populacija koja ima veći unos masti iz cjelovite hrane osjećati će veću sitost i postojati će manja mogućnost od prejedanja (Mary, 1983).

### **2.1.2. PODJELA MASNIH KISELINA**

Oblik svake molekule triglicerida prvenstveno ovisi o obliku masnih kiselina od kojih je triglicerid sastavljen. Oblik masnih kiselina povezan je s činjenicom da su masne kiseline formirane kemijskim elementima: ugljik (C), vodik (H) te kisik (O). Ugljik je jedan od rijetkih kemijskih elemenata koji može tvoriti lance ili prstenove atoma povezanih kemijskim vezama u kojima jedan, dva ili tri para elektrona mogu biti podijeljeni između atoma. Ako je jedan par elektrona podijeljen između dva atoma ugljika riječ je o jednostrukoj vezi, C-C vezi. Ukoliko su dva para elektrona podijeljena između dva atoma ugljika tada se radi o dvostrukoj vezi, C=C vezi. Slijedeći takvu logiku, ukoliko su između dva atoma ugljika podijeljena tri para elektrona radi se o trostrukoj vezi,

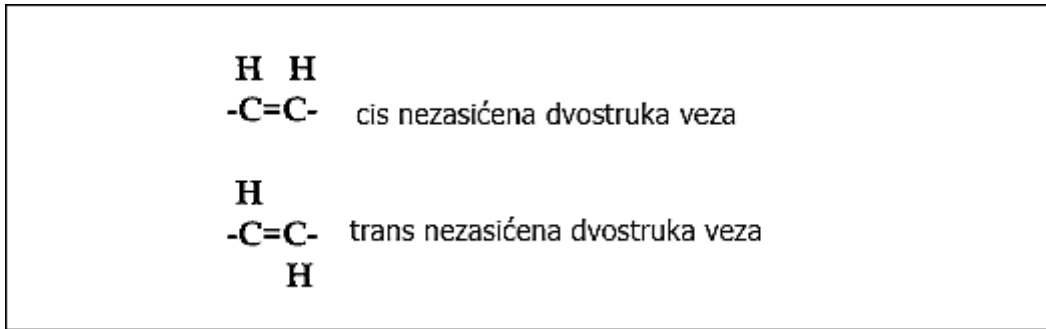


$C\equiv C$  vezi. Kemijska veza koja sadrži više od jednog para elektrona naziva se nezasićena veza, koja je relativno reaktivna i kemijski nestabilna. Ugljikove veze koje sadrže samo jedan par elektrona nazvane su zasićene veze te su ostali ugljikovi elektroni, u slučaju masnih kiselina, podijeljeni s vodikovim atomima. Masne kiseline organske su molekule izgrađene od lanca ugljikovih atoma. Duljina tih lanaca varira od 1 do 24 ugljikovih atoma uključujući i karboksilnu skupinu ( $COOH$ ) koja se nalazi na kraju lanca. Nazivi masnih kiselina ovise o duljini lanca masne kiseline te o stupnju nezasićenosti i položaju nezasićenih veza. Ukoliko masna kiselina sadrži u formaciji samo jednostruke veze riječ je o zasićenim masnim kiselinama. Ako masne kiseline imaju samo jednu nezasićenu masnu kiselinu u svojoj građi riječ je o mononezasićenoj masnoj kiselini te ukoliko u građi masne kiseline postoje dvije ili više nezasićenih masnih kiselina radi se o polinezasićenoj masnoj kiselini (Mary, 1983). To je prikazano konceptualnim modelom (slika 1).



**Slika 1.** Klasifikacija ulja i masti s obzirom na zasićenost (Mary, 1983)

Daljnja podjela odnosi se na izomere. Jednostruke veze mogu se rotirati oko svoje osi dok su, s druge strane, dvostruke veze krute te su fiksirane na određenom položaju. Vodikovi atomi vezani na atome ugljika koji su povezani dvostrukom vezom mogu biti usmjereni u dva smjera, dakle, postoje dva izomera – oba atoma vodika mogu se nalaziti na istoj strani veze (oba na gornjoj ili oba na donjoj strani veze) ili se svaki od atoma vodika mogu nalaziti na suprotnim stranama veze (jedan na gornjoj, a drugi na donjoj strani veze). Ukoliko se oba vodikova atoma nalaze na istoj strani veze radi se o cis masnoj kiselini, a ako se vodikovi atomi nalaze na suprotnim stranama veze riječ je o trans masnim kiselinama (Mary, 1983). Primjer materijalnog modela kojim se prikazuju strukture molekula prikazan je slikom 2.



**Slika 2.** Razlika u strukturi cis i trans masnih kiselina (Mary, 1983)

### 2.1.3. ZASIĆENE MASNE KISELINE

Zasićene masti su građene od masnih kiselina koje u svom sastavu ne sadrže dvostruke veze. Duljina ugljikovih lanaca zasićenih masnih kiselina varira od 4 do 24 atoma ugljika (Lawrence, 2010). Trenutno, u znanstvenoj zajednici, postoji nesklad između prehrambenih smjernica za zasićene masne kiseline, znanstvene literature i kardiovaskularnim bolestima. Prehrambenim smjernicama se inzistira na smanjenju njihovih unosa dok literatura, s druge strane, dovodi u pitanje stav o njihovoj štetnosti. Glavni prehrambeni izvori zasićenih masnih kiselina su crveno meso te mliječni proizvodi, a meso peradi, ukoliko su konzumirani bez kože, sadrže značajno manje zasićenih masti (Šatalić i sur., 2016). Zasićene masne kiseline mogu biti proizvedene u ljudskom tijelu, uglavnom iz viška energije dobivenih iz ugljikohidrata (škroba i šećera), te zbog toga ne spadaju pod esencijalne masne kiseline. Profil masnih kiselina ulja iz različitih biljaka ovisi o mnogo faktora kao što su klima, vrsta tla, genetika biljke te sami tretman biljnog ulja. Biljke uzgajane u toplijoj klimi sadrže više zasićenih masnih kiselina. Poljoprivredna industrija danas ipak uspijeva putem genetskog inženjeringa (biranim križanjem sorti) proizvesti biljke sa željenim profilom masnih kiselina (Lawrence, 2010). Zasićene masti su uglavnom u krutom stanju s nekoliko iznimki poput kokosovog ulja i palminog ulja koji su pri sobnoj temperaturi u tekućem stanju (Driskell, 2007). Zasićene masne kiseline razlikuju se po duljini ugljikovih lanaca. Kraći ugljikovi lanci, od 4 do 12 atoma ugljika nalaze se u maslacu, kokosovom ulju te u plaminom ulju. Većina literature kratkolančane masne kiseline smatra ugljikovim lancima manjim od 8 ili 10 ugljikovih atoma, srednjelančane masne kiseline duljine od 10 do 12 ugljikovih atoma, a dulje lance od 14 ugljikovih atoma smatra se dugolančanim masnim kiselinama. Kad se kratkolančane zasićene masne kiseline u tijelu koriste za energiju, proizvedu manje kalorija nego dulje masne kiseline. Kratkolančane zasićene masne kiseline su: maslačna kiselina (4C) i kapronska kiselina (6C)

(Mary, 1983). Srednjelančane zasićene masne kiseline su bile efektivno korištene godinama, oralno te preko enteralne i parenteralne prehrane, za tretman sindroma malapsorpcije (Driskell, 2007). Predstavnicima srednjelančanih zasićenih masnih kiselina su: kaprilna kiselina (8C), kaprinska kiselina (10C) te laurinska kiselina (12C). Ove kratkolančane i srednjelančane nisu uopće zastupljene u nakupinama adipoznog tkiva. One se, također, uglavnom ne nalaze ni u hilomikronima ukoliko se ne konzumiraju u velikim količinama. Dugolančane zasićene masne kiseline veličine su od 14 do 24 ugljikovih atoma. Palmitinska kiselina (16C) i stearinska kiselina (18C) najzastupljenije su zasićene masne kiseline u hrani. Ljudi te dvije masne kiseline tvore iz ugljikohidrata i proteina te se te dvije masne kiseline mogu modificirati u 16C ili 18C mononezasićene masne kiseline ukoliko je potrebno da bi se zadržala homeostaza tijela. Palmitinska se kiselina također može i transformirati u oleinsku kiselinu iz razloga što jetra i ostala tkiva mogu na njen lanac dodati još 2 ugljikova atoma te je tako pretvoriti u stearinsku od koje može nastati oleinska kiselina procesom desaturacije gdje se umeće jedna dvostruka veza u molekulu što rezultira savijanjem strukture. Dugolančane zasićene masne kiseline su: miristinska kiselina (14C), palmitinska kiselina (16C), stearinska kiselina (18C), arahidonska kiselina (20C), beheminska kiselina (22C) te lignocerinska kiselina (24C) (Mary, 1983).

#### **2.1.4. NEZASIĆENE MASNE KISELINE**

Nezasićene masne kiseline imaju jednu ili više dvostrukih veza u svojoj strukturi te nisu nastale procesom hidrogenacije iz zasićenih masnih kiselina. Nadalje, molekule koje sadrže samo jednu dvostruku vezu nazivaju se mononezasićene masne kiseline (MUFA), a molekule koje sadrže dvije ili više dvostrukih veza nazivaju se polinezasićene masne kiseline (PUFA) (Mudambi i Rajagopal, 2007). Biljna ulja su najbolji izvor te sadrže nekoliko vrsta nezasićenih masnih kiselina (MUFA i PUFA). Također, nezasićene masne kiseline prirodno imaju nisku temperaturu tališta te su stoga uglavnom u tekućem stanju (Mudambi i sur., 2006).

##### **2.1.4.1. MONONEZASIĆENE MASNE KISELINE**

Mononezasićene masne kiseline, u prirodi, nalaze se u duljinama od 14 do 24 ugljikova atoma od kojih je daleko najzastupljenija 18C mononezasićena oleinska kiselina. Najiskoristiviji izvor oleinske kiseline dakako je maslinovo ulje iako je ima i u uljima avokada te orašastim plodovima poput lješnjaka. U novije vrijeme, ulje uljane repice postaje sve popularniji izvor oleinske kiseline.

Također, varijacije suncokretovog ulja, kao i nove varijacije palminog ulja počinju biti korištena. Svakako treba napomenuti kako je oleinska masna kiselina koja se nalazi u maslinovom ulju iste konfiguracije kao i oleinska masna kiselina koja dolazi iz neke druge biljke, mliječnih proizvoda ili iz životinjske masti. 16C mononezasićena kiselina, palmitoleinska kiselina, formira se kad se nezasićena veza umetne u palmitinsku kiselinu ili odcjepljivanjem 2 ugljikova atoma iz oleinske kiseline. Prvi mehanizam nastanka palmitoleinske kiseline naziva se desaturacija, a drugi mehanizam skraćivanje lanca. Palmitoleinska kiselina nalazi se u svim životinjskim i ribljim masnoćama, naročito u kokošjoj masti, te je uz to identifikacijski marker za prepoznavanje životinjske masti. Biljna ulja uglavnom sadrže manje od 1%, svinjska mast sadrži oko 3-4% dok kokošja mast sadrži oko 6-8% palmitoleinske kiseline. Jedina iznimka kod biljaka je ulje makadamije koje sadrži 20-ak posto spomenute kiseline. Palmitoleinska kiselina jedna je od masnih kiselina koje tijelo efektivno koristi kao antimikrobnu masnu kiselinu. Ostale najvažnije mononezasićene masne kiseline su: miristoleinska kiselina (14C) i eručna kiselina (22C) (Mary, 1983).

#### **2.1.4.2. POLINEZASIĆENE MASNE KISELINE**

Prosječan čovjek iz SAD-a unese 35% energije kroz masti iz prehrane. Istraživanja pokazuju da polinezasićene masne kiseline čine manje od 10% tog udjela (Driskell, 2007). Polinezasićene masne kiseline, u prirodi, nalaze se u duljinama od 18, 20 ili 22 atoma ugljika. Najpoznatiji predstavnici su omega-6 masne kiseline, linolna, gama linolenska, arahidonska kiselina te omega-3 masne kiseline (Mary, 1983). Gore navedene omega-6 i omega-3 masne kiseline dobile su naziv po mjestu prve dvostruke veze od metilenskog dijela molekule (Lawrence, 2010). Biljna ulja uvelike sadrže polinezasićene masne kiseline kao npr. linolna kiselina koja je esencijalna za ljudski organizam (Mudambi i sur., 2006). Linolna kiselina sastavljena je od 18 ugljikovih atoma te dvije dvostruke veze. Arahidonska kiselina sadrži 20C atoma i ima četiri dvostrukih veza. Ona tehnički nije smatrana esencijalnom masnom kiselinom jer je zdrav organizam može proizvesti iz linolne kiseline. Dok se linolna kiselina može naći isključivo u biljnim uljima, arahidonske kiseline ima u životinjskim mastima, a posebno u svinjskoj masti. Nadalje, još jedna esencijalna polinezasićena masna kiselina je alfa-linolenska kiselina. Ova masna kiselina prekursor je za nastanak 20C te 22C omega-3 masne kiseline popularno zvane EPA i DHA. Najbolji izvor alfa-linolenske kiseline je laneno ulje (65%) (Mary, 1983).

### **2.1.4.3. OMEGA-3 MASNE KISELINE**

Omega-6 i omega-3 masne kiseline dio su obitelji polinezasićenih masnih kiselina koje u svom skupu sadrže nekoliko masnih kiselina koje su esencijalne za različite fiziološke procese kod ljudi (Driskell, 2007). Iako, zbog nedostatka dokaza o lošem utjecaju deficijencije EPA i DHA na živčani sustav laboratorijskih životinja, isprva nisu bile smatrane esencijalnim, kasnije su se zbog dokaza o manjim potrebama za razvoj životinjskih živčanih sustava i novijih istraživanja koja upućuju na potrebnost omega-3 u razvitku ljudskog organizma zasluženo proglašene esencijalnim (Lawrence, 2010). Alfa-linolenska i linolna kiselina su dva glavna predstavnika omega-3 i omega-6 masnih kiselina iz kojih se sintetiziraju arahidonska, eikozapentaenska (EPA) te dokozaheksaenska (DHA) masna kiselina. U zadnjih desetak godina provodila su se intezivna istraživanja da bi se razjasnila njihova svojstva i efekti na ljudsko zdravlje (Driskell, 2007). 20C višestruko nezasićena masna kiselina može biti pretvorena u bioaktivne eikozanoide no čini se kako je njena mogućnost pretvorbe u DHA puno bitnija, posebice za razvoj neurološkog sustava i očne mrežnice kod fetusa i novorođenčadi (Lawrence, 2010). Danas, postoji konsenzus o benefitima prehrane sa adekvatnim unosom i odnosom omega-3 i omega-6 masnih kiselina. Primjeri omega-3 masnih kiselina su alfa-linolenska (ALA; C18:3), eikozapentaenska (EPA; C20:5) te dokozaheksaenska (DHA; C22:6) kiselina. Linolna se kiselina primarno nalazi u uljima soje i lana, dok će ljudi vjerojatnije dobiti EPA i DHA iz ribljeg ulja (Driskell, 2007). U ljudskom se organizmu odvija pretvorba ALA u dugolančane omega-3 masne kiseline, no ta pretvorba nije previše iskoristiva, odnosno vrlo je slaba, tako da se preporučuje EPA i DHA unijeti hranom, točnije ribom. Također, preporučuje se unos orašastih plodova te se podupire konzumiranje ribe dva puta tjedno, od čega bi jedno serviranje trebalo sadržavati masniju ribu (Šatalić i sur., 2016).

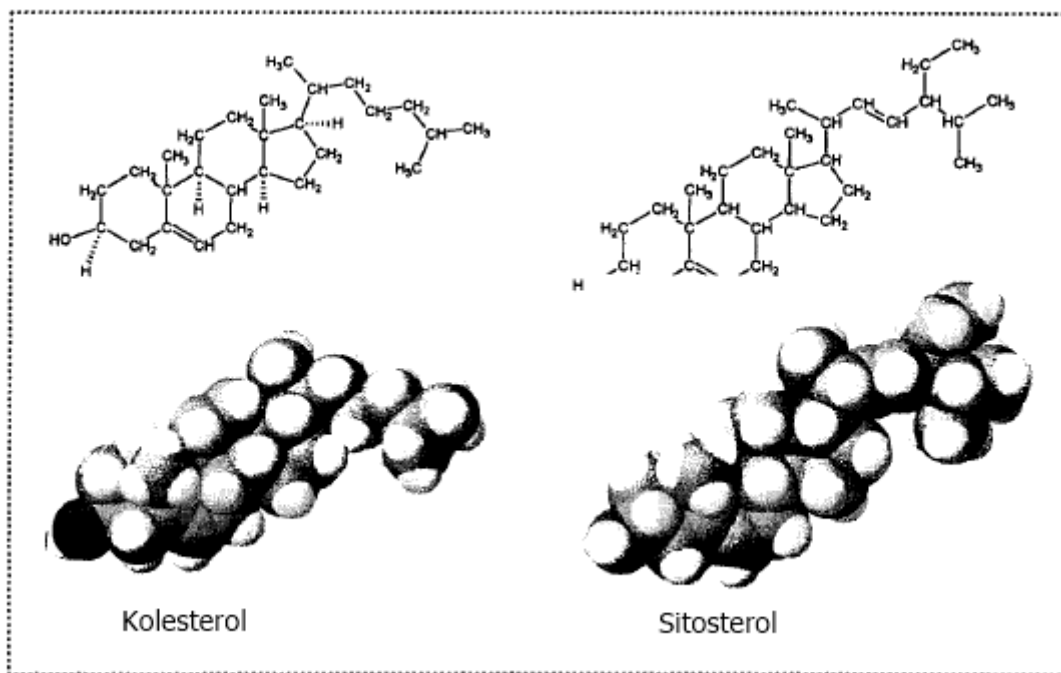
### **2.1.4.4. TRANS MASNE KISELINE**

Trans masne kiseline nalaze se gotovo isključivo u djelomično hidrogeniranim biljnim uljima kao što je margarin (Lawrence, 2010). Hidrogenaciju je prvi put primjenio na biljnim uljima Wilhelm Normann 1902. godine kad je kombinirao vodikov plin sa polinezasićenim masnim kiselinama u prisutnosti katalizatora da bi od višestruko nezasićenim masnih kiselina dobio mononezasićene ili zasićene masne kiseline (Kirschenbauer, 1960). Ovaj kemijski proces rezultira formacijom trans dvostrukih veza umjesto cis dvostruke veze koja nastaje prirodno u biljnim uljima (Lawrence, 2010). Trans masne kiseline se u hidrogeniranim biljnim uljima nalaze u rasponu od 50-60% dok se u mastima preživača nalazi u rasponu od 2-5%. Ove masne kiseline se u prirodi obično nalaze u duljini od 18C atoma. Trans dvostruka veza na delta-9 poziciji prepoznata je kao masna kiselina

koja predstavlja rizik za zdravlje. Dogovoreno je ime za tu 18C trans masnu kiselinu elaidinska masna kiselina. Pitanje o zdravstvenoj sigurnosti ostalih položaja trans dvostrukih veza također je postavljeno te je postignuto mišljenje kako sve trans masne kiseline imaju negativan utjecaj na ljudsko zdravlje. Iako trans masne kiseline, po kemijskoj definiciji, spadaju pod nezasićene masne kiseline, one se ne mogu legalno deklarirati pod nezasićene masne kiseline već se moraju zasebno deklarirati. FDA je vrlo rano prepoznala da trans višenezasićene masne kiseline nisu biološki ekvivalent cis višenezasićenim masnim kiselinama te da one ne djeluju kao esencijalne masne kiseline. Iako se trans masne kiseline ne ponašaju u ljudskom tijelu kao zasićene masne kiseline, tijekom termičke obrade zasićenih masnih kiselina, svojstva ovih dviju vrste masnih kiselina postaju vrlo slična (Mary, 1983).

## **2.2. KOLESTEROL**

Steroli su vrsta lipida koji su sastavljeni od steroidnog te alkoholnog dijela. Fiziološki najčešći sterol u ljudskom organizmu je upravo kolesterol (Driskell, 2007). Kolesterol je esencijalna molekula bez koje nema života. Toliko je važna molekula da je gotovo svaka stanica u ljudskom tijelu može sintetizirati (Bowden i Sinatra, 2012). Prosječna prehrana u Sjevernoj Americi osigurava egzogeni unos kolesterola u rasponu od 300 do 500 mg kolesterola dnevno, unesenih u obliku slobodnog kolesterola ili njegovog estera (Driskell, 2007). Ipak, daleko najveću količinu kolesterola u tijelo donosi jetra. Ljudski organizam dnevno proizvede između 1000 i 2000 mg kolesterola. Ukoliko čovjek u svojoj prehrani konzumira hranu bogatu kolesterolom, tijelo smanjuje njegovu sintezu te, s druge strane, ako čovjek ne unosi prehrambeni kolesterol njegovo tijelo će povećati njegovu sintezu proizvodnju. Drugim riječima, razina kolesterola u krvi je otprilike stalna, odnosno tijelo u svakom slučaju nastoji održati homeostazu (Smith i Pinckney, 1993). Između ostalih uloga u tijelu, kolesterol je važna strukturna molekula, okvir preko kojega su ostale važne molekule napravljene (Bowden i Sinatra, 2012). Prekursor je vitamina D, hormona i žučne kiseline. Hormoni koji su proizvedeni iz kolesterola uključuju kortikosteroide, estrogene, testosteron te kalcitriol (Mudambi i Rajagopal, 2007). Kolesterol je tehnički životinjski sterol. Također, postoje i biljni steroli koji su strukturom vrlo slični strukturi kolesterolu (Mary, 1983.) Preko 40 biljnih sterola je identificirano, a najčešći su sitosterol, kampesterol i stigmasterol (Driskell, 2007). Apsorpcija fitosterola u ljudskom organizmu je slaba i iznosi između 0 i 10% (Štalić i sur., 2016). Sitosterol se također sastoji od 27 ugljikovih atoma i jednog kisikovog atoma, ali razlikuju se po broju vodikovih atoma kojih u molekuli sitosterola ima 50 (slika 3, materijalni model), četiri više nego u molekuli kolesterola (Mary, 1983).



**Slika 3.** Razlika u građi kolesterola i sitosterola (Mary, 1983)

### 2.2.1. PROBAVA I APSORPCIJA KOLESTEROLA

Kolesterol nije probavljen u smislu na koji se taj termin obično upotrebljava. Drugim riječima, nema rastavljanja velikih molekula u manje kao što se događa kod probave masti u masne kiseline ili proteina u aminokiseline (Mary, 1983). Apsorpcija kolesterola varira od čovjeka do čovjeka u rasponu od 40-60%, dakle prosječno 50-ak % (Šatalić i sur., 2016). Studije provedene na temu apsorpcije kolesterola pokazuju kako se mogućnost apsorpcije ne mijenja sve do velikog unosa egzogenog kolesterola kad se apsorpcija smanjuje (Driskell, 2007). Iako se često govori o tome da kako će tijelo samo sintetizirati sav potreban kolesterol ako se ne unese prehranom, postoje dokazi kako je nekima kolesterol iz prehrane esencijalan jer ga sami ne mogu sintetizirati (Mary, 1983). Nakon što osoba konzumira hranu, jetra stvara žuč i pušta ju prema crijevu. Ta žuč u svom sastavu sadrži kolesterol te se 50% tog kolesterola spoji sa mastima iz hrane te se transportira nazad u stanice, a u međuvremenu drugih 50% kolesterola iz žuči putuje kroz crijeva te se iz tijela izbacuje fecesom. Na taj način tijelo gubi kolesterol nekoliko puta dnevno putem probave. Kad osoba konzumira hranu bogatu kolesterolom, taj kolesterol ima istu sudbinu kao i kolesterol iz žuči što znači da se dio apsorbira putem lipoproteina, a ostatak je izbačen fecesom (Smith i Pinckney, 1993).

## 2.2.2. NOSAČI KOLESTEROLA TE NJEGOV PRIJENOS KRVOTOKOM

Masti, kolesterol i ostale molekule koje nisu topljive u vodi trebaju posebnu vrstu nosača koji im omogućavaju prolaz kroz krvotok koji je vodena okolina. Lipoproteini se ponašaju kao nosači jer se sastoje od vanjskog dijela koji je topljiv u vodi te unutarnjeg koji je topljiv u mastima (Mary, 1983). Lipoproteini sintetiziraju se u jetri te 2/3 do 3/4 molekule čine lipidi dok ostatak čine proteini. Sastav lipoproteina čine trigliceridi, kolesterol i druge molekule kao vitamini topljivi u mastima. Gustoća lipoproteina ovisi o količini masti i proteina u njima, a što je veća količina masti u njima, njihova gustoća je manja (Mudambi i Rajagopal, 2007). Poznajemo pet vrsti lipoproteina (Smith i Pinckney, 1991). To su: hilomikroni, lipoproteini vrlo niske gustoće (VLDL), lipoproteini niske gustoće (LDL), lipoproteini srednje gustoće (IDL) te lipoproteini visoke gustoće (HDL) (Driskell, 2007), što je prikazano slikom 4.

	Vrsta Lipoproteina				
	Hilo- mikroni	VLDL	IDL	LDL	HDL
Ukupni proteini %	1,5-2,5	5-10	15-20	20-25	40-55
Ukupni lipidi %	97-99	0-95	80-85	75-80	50-55
Fosfolipidi %	7-9	15-20	22	15-20	20-35
Kolesterol					
esterificiran %	3-5	10-15	22	35-40	12
neesterificiran %	1-3	5-10	8	7-10	3-4
Trigliceridi	84-89	50-65	30	7-10	3
Gustoća (g/ml)	<0,95	0,95- 1,006	1,006- 1,019	1,019- 1,063	1,063- 1,210

**Slika 4.** Sastav i gustoća svake vrste lipoproteina (Mary, 1983)

Kad se prikupi uzorak krvi te se izmjeri količina kolesterola u sastavu svake vrste lipoproteina dobije se ukupni kolesterol. Upravo su o tom ukupnom kolesterolu ljudi godinama slušali kako uzrokuje kardiovaskularne bolesti. Ipak, u posljednjim godinama mediji su umjesto kolesterola počeli naglašavali dvije specifične vrste lipoproteina nazvavši ih dobrim (HDL) i lošim (LDL) kolesterolom. No, takva interpretacija dvije vrste lipoproteina nije primjerena (Smith i Pinckney, 1993). Hilomikroni



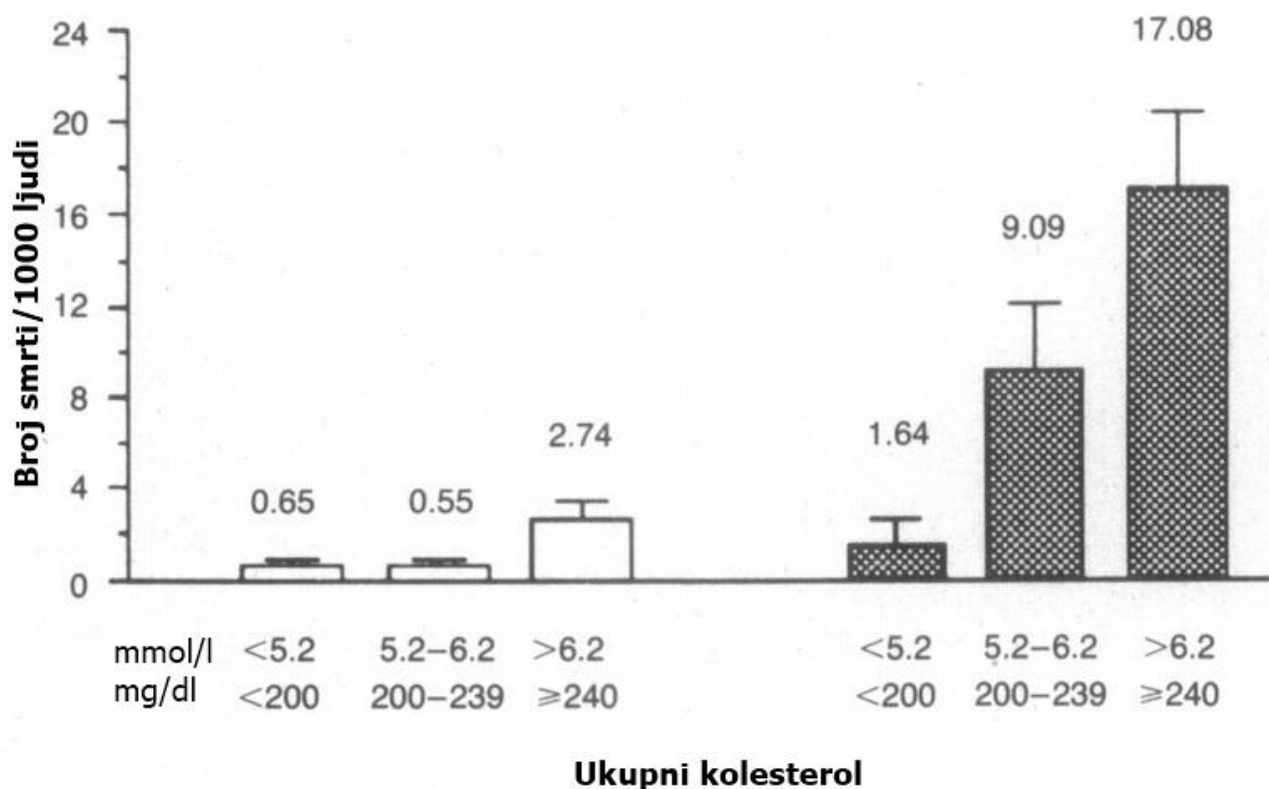
su najveće molekule lipoproteina te im je gustoća najniža od svih lipoproteina, a iznosi 0,95g/ml. Glavna uloga hilomikrona bila bi prijenos lipida iz prehrane od tankog crijeva do ostalih tkiva. Nakon što se trigliceridi otpuste iz hilomikrona pomoću lipoprotein lipaze, ostatci hilomikrona vraćaju se u jetru, a količina otpuštenog kolesterola iz preostalih hilomikrona reguliraju daljnju sintezu kolesterola u jetri. Gustoća VLDL-a iznosi između 0,95-1,006 g/ml. Također se proizvodi u jetri, a uloga im je prijenos endogenog kolesterola i triglicerida do ciljanih tkiva i organa. Nakon što VLDL otpusti vezane molekule koje prenosi, također pomoću lipoprotein lipaze, preostali, smanjeni, dio VLDL-a zapravo je LDL. Molekule LDL-a u tkiva unose se endocitozom pomoću LDL receptora. LDL receptori su po kemijskoj građi glikoproteini te upravo oni održavaju homeostazu razine LDL-a u krvotoku ovisnu o količini kolesterola u stanici. Nakon što LDL prođe kroz membranu, hidrolizira se na svoje sastavne dijelove: kolesterol, aminokiseline, masne kiseline te fosfolipide. HDL je posljednja vrsta lipoproteina, a gustoća mu iznosi između 1,063 i 1,210 g/ml. HDL ima najveći udio proteina u svom sastavu te čini oko 25% od ukupnog kolesterola u krvi. Proizvodi se u jetri i tankom crijevu, a njegova je uloga odvođenje viška kolesterola od stanica tkiva do jetre. Mnoga istraživanja dokazala su njegov pozitivan utjecaj na sprječavanje nastanka kardiovaskularnih bolesti upravo zbog reverzibilnog prijenosa kolesterola od tkiva do jetre (Driskell, 2007).

### **2.2.3. UTJECAJ KOLESTEROLA NA RIZIK OD KARDIOVASKULARNIH BOLESTI**

Kardiovaskularne bolesti složenica je od riječi kardio što znači srce te vascular što znači krvne žile, pa tako i uključuju sve bolesti vezane za srce i krvožilni sustav. Srce je najsnažniji ljudski organ. Kako arterije prenose krv do svih tkiva u tijelu, svaka šteta načinjena na njima predstavlja veliki rizik za nastanak srčanih bolesti. Kardiovaskularne bolesti uključuju kronično visoki krvni tlak, ishemična bolest srca, angina pectoris te na kraju srčani i moždani udar. U ishemičnoj bolesti srca dolazi do srčanog udara jer samo srce ne dobiva dovoljno krvi sa hranjivim tvarima te stanice odumiru. Kod angine pectoris, arterije su sužene te je dovod hranjivih tvari krvlju smanjen. Infarkt je uzrokovan trombom koji je zapravo koagulirana krv koja začepkuje krvne žile (Mudambi i Rajagopal, 2007). Kardiovaskularne bolesti vodeći su uzročnik smrti u SAD-u, točnije, bile su uzrok svake pete smrti u 2003. godini. Kako bi se taj podatak slikovitije prikazao treba reći kako u SAD-u zbog srčanih bolesti svake minute umre jedna osoba (Driskell, 2007).

Postoji mnogo poveznica između zasićenih masti iz prehrane i kolesterola u krvi, a pogotovo sa povećanom koncentracijom LDL-a. Ukupni je kolesterol postao sinonim za glavnog uzročnika kardiovaskularnih bolesti nakon studije provedene u Framinghamu, a nekoliko novijih međunarodnih istraživanja potvrdilo je korelaciju između ukupnog kolesterola u krvi sa smrtnim

kardiovaskularnim bolestima. No, važno je naglasiti kako prevalencija smrti od koronarnih bolesti drastično raste sa godinama ispitanika, pogotovo nakon 70. godine života. Također postoji i korelacija između ukupnog kolesterola u krvi sa smrti općenito, ali takva korelacija nestaje starenjem ispitanika (Lawrence, 2010). Točnije, pozitivna korelacija između ukupnog kolesterola i smrti od kardiovaskularnih bolesti nastaje kad ukupni kolesterol iznosi 200mg/dl što je nagnalo znanstvenike da preporuča ljudima da pokušaju držati svoj ukupni kolesterol u krvi na tih 200mg/dl ili niže. 2/3 smrti kod mladih ljudi uzrokovane kardiovaskularnim bolestima dogodile su se upravo kod ljudi čija je koncentracija kolesterola u krvi iznosila više od 200mg/dl. Nadalje, postoji podatak kako je između 1999. i 2002. godine 17% ljudi u dobi od 20 godina nadalje imalo povećan ukupni kolesterol u krvi koji je iznosio 240mg/dl ili više (Driskell, 2007).



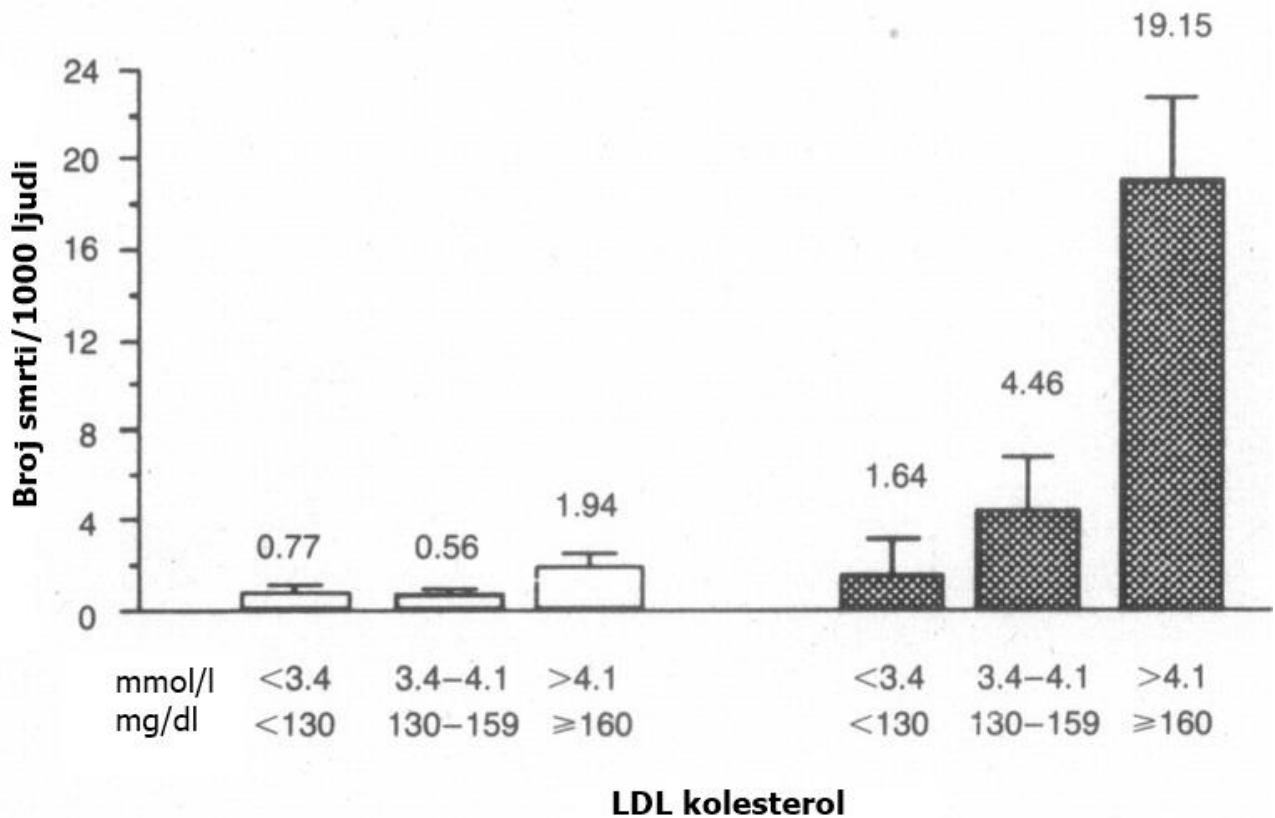
**Slika 5.** Korelacija između ukupnog kolesterola u krvi i smrti kod ljudi koji ranije nisu bolovali od KVB i koji su ranije bolovali od KVB (Pekkanen i sur., 1990)

Dvije trećine smrti kod mladih ljudi uzrokovane kardiovaskularnim bolestima dogodile su se upravo kod ljudi čija je koncentracija kolesterola u krvi iznosila više od 200mg/dl (Driskell, 2007).

Ukupni kolesterol u krvi (mg/dl)	Broj ispitanika	Sve vrste KVB	
		Broj smrti	Relativni rizik
<160 (145.4)	6582	43 (4.2)	1.00
160-199 (181.3)	25 569	225 (5.6)	1.26 (0.91-1.74)
200-239 (217.5)	25 033	365 (9.3)	1.89 (1.37-2.59)
240-279 (255.3)	9541	233 (15.6)	2.89 (2.08-4.00)
≥280 (307.1)	2480	130 (33.8)	5.53 (3.90-7.83)

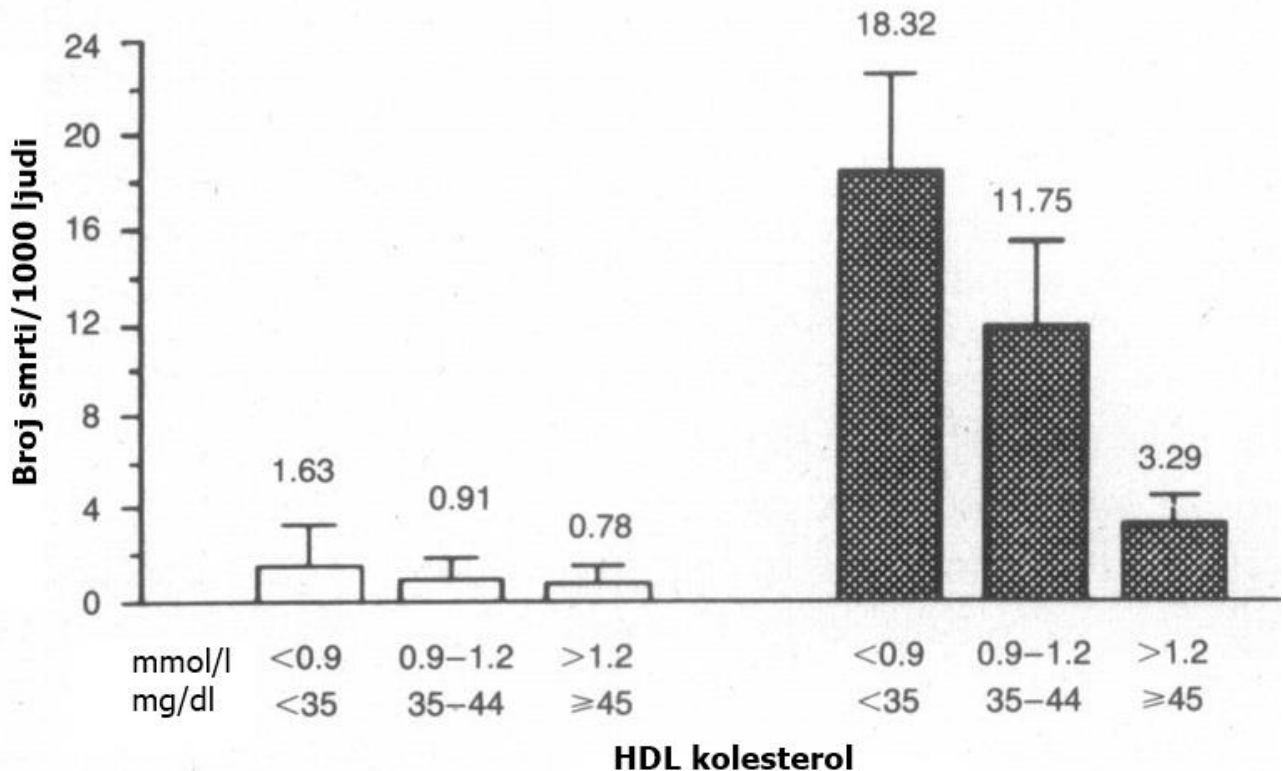
**Slika 6.** Korelacija između ukupnog kolesterola u krvi i smrti uzrokovanih KVB (Stamler i sur., 2000)

Slika 6. prikazuje korelaciju između ukupnog kolesterola u krvi i smrti uzrokovanih kardiovaskularnim bolestima gdje je u zagradama označena prosječna vrijednost odnosno interval kod relativnog gdje relativni rizik označava koliko je puta smrtnost u toj grupi vjerojatnija u odnosu na drugu grupu. Štoviše, postoji podatak kako je između 1999. i 2002. godine 17% ljudi u dobi od 20 godina nadalje imalo povećan ukupni kolesterol u krvi koji je iznosio 240mg/dl ili više. Povišena razina LDL kolesterola u krvi dokazano ima veliku ulogu u stvaranju plaka u krvnim žilama zbog čega znanstvenici LDL smatraju rizičnom supstancom za nastajanje kardiovaskularnih bolesti. Prema podacima iz 2006. godine od American Heart Association-a otprilike 40% ljudi u SAD-u ima povišeni LDL iznad 130mg/dl što je ujedno i granična vrijednost za rizik od KVB (Driskell, 2007).



**Slika 7.** Korelacija između razine LDL kolesterola i smrti kod ljudi koji ranije nisu bolovali od KVB i koji su ranije bolovali od KVB (Pekkanen i sur., 1990)

Rizik od kardiovaskularnih bolesti također raste opadanjem koncentracije HDL-a u krvi, naročito nakon što ta koncentracija postane manja od 40mg/dl (Driskell, 2007). Razina lipoproteina visoke gustoće (HDL) štiti krvne žile od stvaranja ateroma provodeći reverzibilan transport kolesterola (Mudambi i Rajagopal, 2007). Postoji gomila informacija koje ukazuju kako povećanje HDL-a u krvi smanjuju rizik od KVB što potvrđuje i istraživanje koje je provedeno sa lijekom koji povećava razinu HDL-a. Štoviše, veliki je fokus stavljen na omjer ukupnog kolesterola i HDL kolesterola te se smatra kako je upravo taj omjer najbolji pokazatelj rizika za kardiovaskularne bolesti (Mensink i sur., 2003).



**Slika 8.** Korelacija između razine HDL kolesterola i smrti kod ljudi koji ranije nisu bolovali od KVB i koji su ranije bolovali od KVB (Pekkanen i sur., 1990)

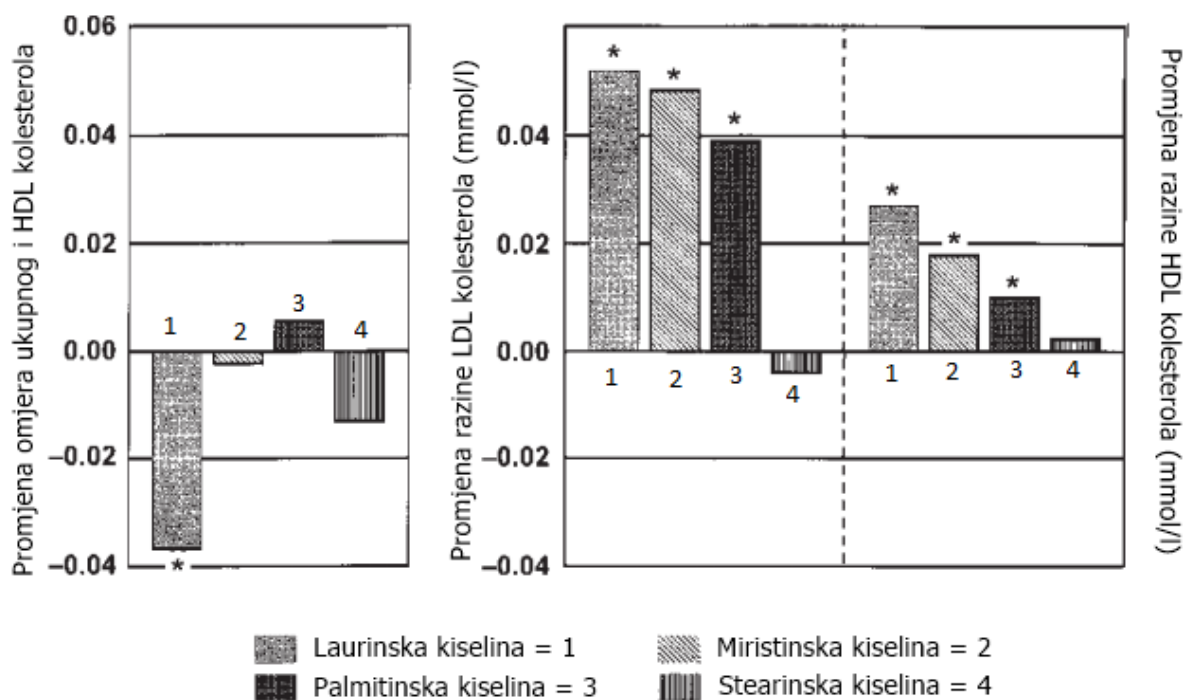
### 2.3. UTJECAJ MASNIH KISELINA NA KOLESTEROL

Suprotno od prijašnjih uvjerenja, unos kolesterola iz prehrane nema gotovo nikakvog efekta na razinu kolesterola u krvi. Istraživanje provedeno na 80 000 medicinskih sestara dokazalo je kako unos od 200 mg kolesterola na 1000 kcal ne povećava rizik od srčanih bolesti. Stoga se izveo zaključak kako je za regulaciju razine kolesterola u krvi bitniji unos masti i ulja od prehranbenog kolesterola (Driskell, 2007).

#### 2.3.1. UTJECAJ ZASIĆENIH MASNIH KISELINA NA KOLESTEROL

Tipična američka prehrana sadrži u sebi zasićene masne kiseline u količini od 14% ukupne dnevne unesene energije (Smith i Pinckney, 1993). Meta analiza čak 60 provedenih studija koje uključuju 1672 volontera od kojih 70% čine muškarci, a preostalih 30% žene, dat će nam uvid u to kako zasićene masne kiseline utječu na razinu kolesterola u krvi. Utjecaj pojedine zasićene masne kiseline na kolesterol u krvi pratilo se u 35 studija. Prosječni unosi energije kroz laurinsku masnu

kiselinu iznosio je 1,1%, kroz miristinsku 1,3%, kroz palmitinsku 6,2% te kroz starinsku masnu kiselinu 3% od ukupne dnevne energije. Laurinska masna kiselina je u najvećoj mjeri podigla razinu ukupnog i LDL kolesterola (Mensink i sur., 2003). Sve zasićene masne kiseline blokiraju receptore jetre čija je uloga uklanjanje kolesterola iz krvi te potiču sintezu kolesterola u jetri te tako povisuju razinu LDL-a u krvi (Štalić i sur., 2016). S druge strane, laurinskom kiselinom, omjer ukupnog kolesterola i HDL kolesterola smanjen što dovodi do zaključka da je u većoj mjeri podigao razinu HDL-a nego LDL-a. Laurinska masna kiselina time ima najprihvatljiviji efekt na smanjivanje omjera ukupnog kolesterola i HDL-a, ne samo među zasićenim već uključujući i nezasićene masne kiseline. Omjer ukupnog kolesterola i HDL kolesterola bio je u manjoj mjeri pogođen kad se proučavao utjecaj ostale tri zasićene masne kiseline, a omjer je minimalno bolje bio promjenjen stearinskom kiselinom u usporedbi sa miristinskom i palmitinskom kiselinom. Također, rast razine HDL kolesterola smanjivao se porastom duljine lanaca zasićene masne kiseline (Mensink i sur., 2003).



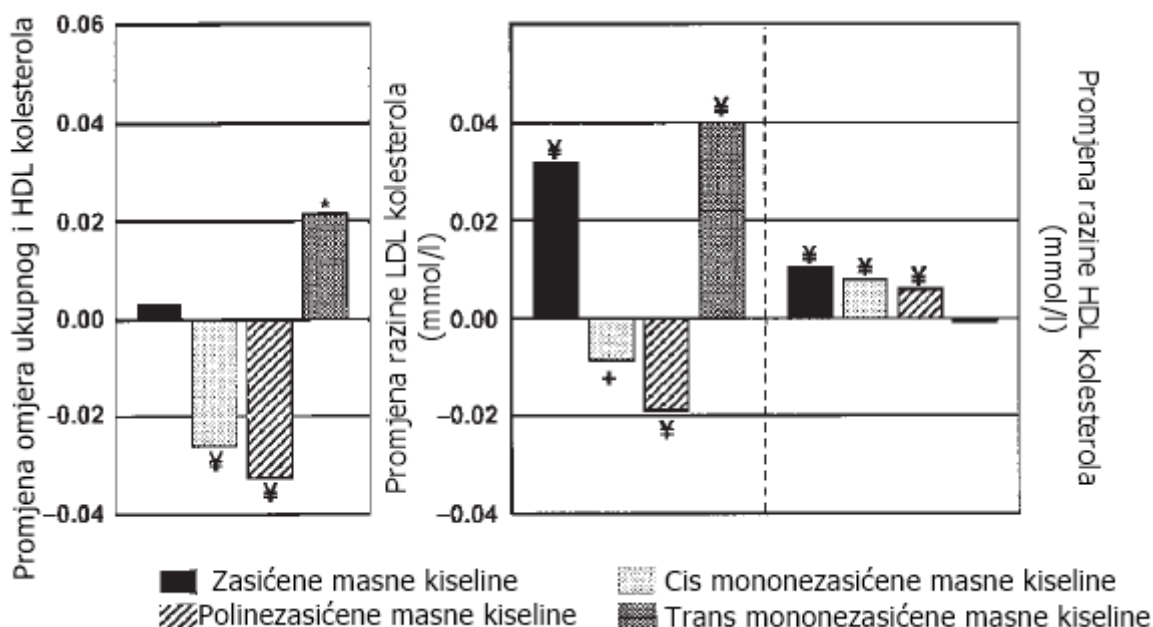
**Slika 9.** Utjecaj zasićenih masnih kiselina na omjer ukupnog i HDL kolesterola te na LDL i HDL posebno nakon što se 1% ukupne energije oduzme iz ugljikohidrata i nadomjesti energijom iz zasićenih masnih kiselina (Mensink i sur., 2003)

Također, u drugoj meta analizi donešen je zaključak da dolazi do značajnog porasta HDL-a u krvi, ukoliko se ugljikohidrati iz prehrane zamjene sa bilo kojom vrstom masnih kiselina, što može dovesti do zaključka da ugljikohidrati snizuju razinu HDL kolesterola u krvi i time povećavaju rizik od

kardiovaskularnih bolesti (Mensink i Katan, 1992). Provedbom dugotrajnih kliničkih studija potvrđena je korelacija kad se zamjenom zasićenih i trans masnih kiselina cis nezasićenim masnim kiselinama smanjuje pojavljivanje simptoma kardiovaskularnih bolesti (Mensink i sur., 2003).

### 2.3.2. UTJECAJ NEZASIĆENIH MASNIH KISELINA NA KOLESTEROL

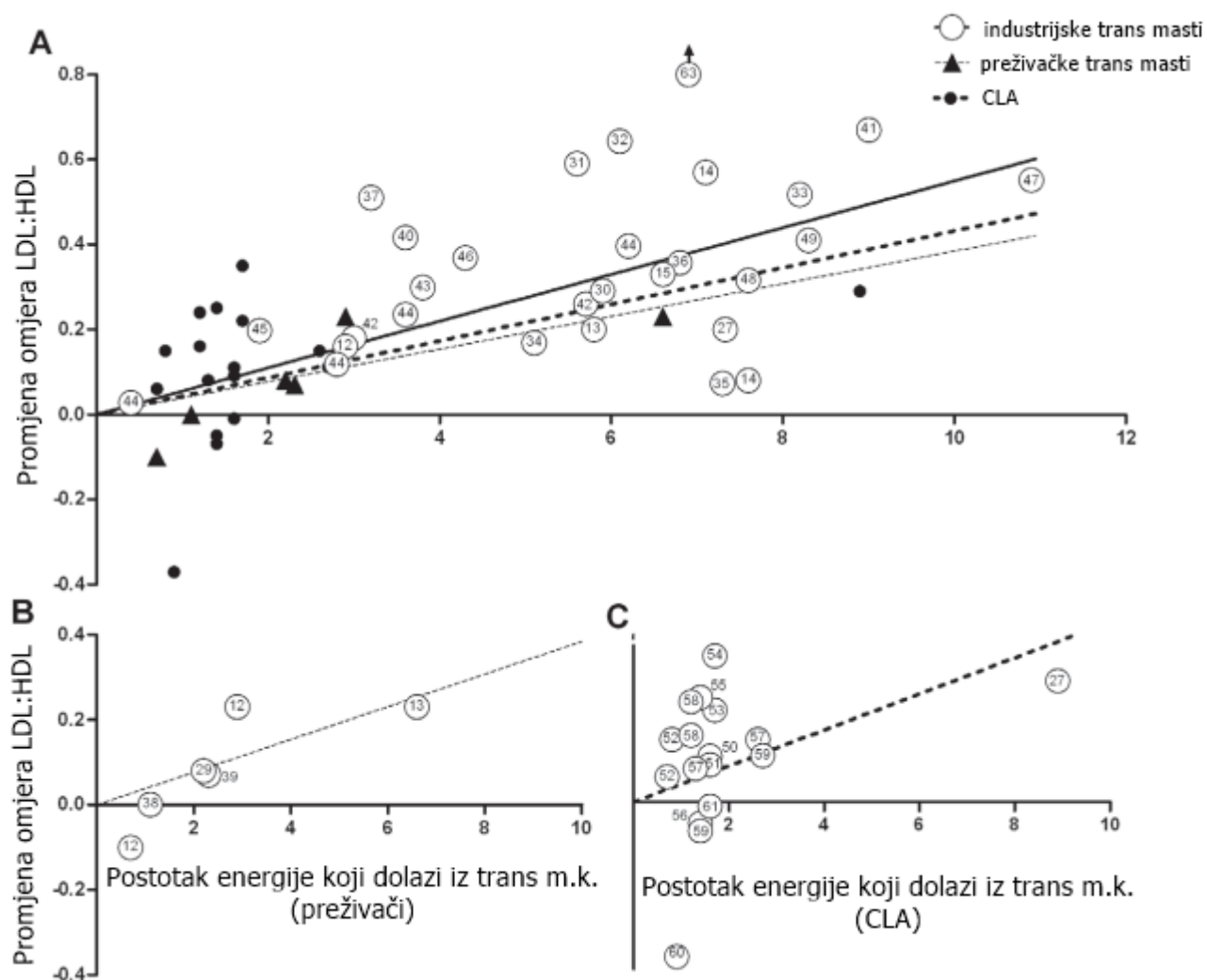
Mononezasićene masne kiseline pokazale su signifikantno smanjenje LDL-a u krvi iako je to smanjenje relativno nisko. Nezasićene masti podigle su razinu HDL kolesterola, no to povećanje je manje nego ono koje se dogodilo unosom zasićenih masti stoga će zamjena zasićenih sa nezasićenim mastima dovesti do blagog pada razine HDL-a u krvi. Gotovo jednako sniženje HDL-a se očekuje i ako se mononezasićene masne kiseline zamjene polinezasićenim masnim kiselinama (Mensink i sur., 2003) Polinezasićene masne kiseline, iako su manje povećale HDL od mononezasićenih, u većoj su količini smanjile razinu LDL-a što je rezultiralo većim smanjenjem omjera ukupnog i HDL kolesterola nego što su to uzrokovale mononezasićene masne kiseline (Lukas Schwingshackl i Hoffmann, 2012).



**Slika 10.** Utjecaj svih vrsta masnih kiselina na omjer ukupnog te HDL kolesterola te na promjenu pojedinačno LDL-a i HDL-a nakon što se 1% ukupne energije oduzme iz ugljikohidrata i nadomjesti energijom iz masnih kiselina (Mensink i sur., 2003)

### 2.3.3. UTJECAJ TRANS MASNIH KISELINA NA KOLESTEROL

Trans masne kiseline pokazale su se kao najštetniji makronutrijent u pogledu omjera ukupnog i HDL kolesterola prema meta analizi 60 provedenih istraživanja. Prosječno, ukupna energija iz američke prehrane sadržava 2,6% energije kroz trans masne kiseline (Mensink i sur., 2003). 1990-ih godina dokazano je da trans masne kiseline snižavaju razinu HDL-a i povećavaju razinu LDL-a te je to činjenica o kojoj znanstvenici nemaju nikakve sumnje. Također, trans masne kiseline imaju veći aterogeni učinak od zasićenih masti (Šatalić i sur., 2016). Upravo zato konzumacija trans masti preko djelomično hidrogeniranih ulja povezuje se sa rizikom od kardiovaskularnih bolesti u svim istraživanjima. No, s druge strane, njihova cijena, okus, stabilnost i dugotrajnost čine ih vrlo traženim u industriji fast food hrane (Mensink i sur., 2003).



**Slika 11.** Linearna veza između unosa trans masnih kiselina i omjera LDL:HDL (Brouwer i sur., 2010)



#### **2.3.4. PREPORUKE ZA PREHRANU KOJA ĆE SMANJITI RIZIK OD KVB**

Svjetska zdravstvena organizacija kao i velika većina nutricionista dogovorili su se oko službenih smjernica za suzbijanje rizika od kardiovaskularnih bolesti. Ciljevi takve prehrane kojom se želi pozitivno utjecati na krvne lipide su:

- Smanjiti unos ukupnih masti, a prvenstveno iz izvora zasićenih masnih kiselina
- Zamjeniti zasićene masne kiseline iz prehrane sa polinezasićenim masnim kiselinama
- Smanjiti unos prehrambenog kolesterola
- Povećati vrijeme utrošeno za tjelesnu aktivnost
- Postići idealnu tjelesnu masu i održavati je

Kako bi se ciljevi te prehrane postigle nužno je da ugljikohidrati čine između 50 i 70% dnevne energije, proteini od 12-20%, a masti se reduciraju na 20-30% cjelokupnog dnevnog unosa. Unos masti bi se trebao sastojati od jedne do dvije trećine od polinezasićenih masti, jednu tećinu bi trebale činiti mononezasićene masti dok bi ostatak trebale činiti zasićene masti, a trans masne kiseline treba u potpunosti eliminirati ili bar u što većoj mjeri. Unos masti u prehrani od 2000kcal/dan masti bi bile zastupljene između 400 i 600 kilokalorija ili 45 i 65 grama (Mudambi i Rajagopal, 2007).

### 3. ZAKLJUČAK

Modeli (konceptualni, matematički, materijalni) se vrlo često koriste u pojednostavljenju prikaza odnosa masnih kiselina i kolesterola.

Na osnovi proučene literature može se zaključiti kako općenito sve vrste masnih kiselina podižu razinu ukupnog, ali i HDL kolesterola u krvi te da smanjuju omjer ukupnog i HDL kolesterola.

Treba napomenuti kako zasićene masne kiseline također podižu i razinu LDL-a u krvi dok ga mono i polinezasićene masne kiseline snižavaju.

S druge strane ističu se trans masne kiseline koje podižu razinu LDL kolesterola te snižavaju koncentraciju HDL kolesterola u krvi.

Iako postoji korelacija između povišene razine ukupnog, odnosno LDL kolesterola u krvi sa kardiovaskularnim bolestima, uzročnost te pojave nije potvrđen. U današnje vrijeme počelo se sumnjati u nekoliko drugih čimbenika prehrane, kao i samog životnog stila osobe, koji bi mogli predstavljati uzrok kardiovaskularnih bolesti. Također, mnogi znanstvenici smatraju kako se odluka, da se krivnja za kardiovaskularne bolesti svali na masti iz prehrane, donijela ishitreno, pod pritiskom javnosti, nakon par dokaza o značajnoj korelaciji između unosa masti i KVB, ali isto tako i nakon par istraživanja čiji su rezultati bili ili djelomično modificirani ili pogrešno protumačeni, zamjenom relativnog povećanja rizika apsolutnim. Stoga su zaista potrebna daljnja istraživanja koja će dovesti znanstvenike do uzročnosti između kardiovaskularnih bolesti i uzroka, a do tada se masti iz prehrane trebaju prestati demonizirati jer kao što znamo ne postoji zdrava i nezdrava hrana, već samo pravilna i nepravilna prehrana.

#### 4. LITERATURA

Bowden, J., Sinatra, S. (2012) *The Great Cholesterol Myth*, 1.izd, Fair Winds Press, Beverly.

Brouwer, I.A., Wanders, A.J., Katan, M.B. (2010) Effect of Animal and Industrial Trans Fatty Acids on HDL and LDL Cholesterol Levels in Humans – A Quantitative Review. *PloS One*. **5**: 1-10

Driskell, J.A. (2007) *Sports Nutrition*, 1.izd, Taylor & Francis Group, Boca Raton.

Kirschenbauer, H.G. (1960) *Fats and Oils: An Outline of Their Chemistry and Technology*, 2.izd, Reinhold Publishing Corporation, New York.

Lawrence, G.D. (2010) *The Fats of Life*, 1.izd, Rutgers University Press, New Jersey.

Mary, G. (1983) *Know Your Fats: The Complete Primer for Understanding the Nutrition of Fats, Oils, and Cholesterol*, 1.izd, Bethesda Press, Silver Spring.

Mensink, R.P., Katan, M.B. (1992) Effect of Dietary Fatty Acids on Serum Lipids and Lipoproteins. *Arterioscler Thromb*. **12**: 911-919

Mensink, R.P., Zock, P.L., Kester, A.D.M., Katan, M.B. (2003) Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins : a meta analysis of 60 controlled trials. *Am J Clin Nutr*. **77**: 1146-1155

Mudambi, S.R., Rajagopal, M.V. (2007) *Fundamentals of Foods, Nutrition and Diet Therapy*, 5.izd, New Age International Publishers, New Delhi.

Mudambi, S.R., Rao, S.M., Rajagopal, M.V. (2006) *Food Science*, 2.izd, New Age International Publishers, New Delhi.

Pekkanen, J., Linn, S., Heiss, G., Suchindran, C.M., Leon, A., Rifkind, B.M., Tyroler, H.A. (1990) Ten-year mortality from cardiovascular disease in relation to cholesterol level among men with and without preexisting cardiovascular disease. *N Engl J Med*. **322**: 1700-1707

Ravnskov, U. (2000) *The Cholesterol Myths*, 1.izd, New Trends Publishing, Washington.

Schwingshackl, L., Hoffmann, G. (2012) Monounsaturated Fatty Acids and Risk of Cardiovascular Disease: Synopsis of the Evidence Available from Systematic Reviews and Meta-Analyses. *Nutrients*. **4**: 1989-2007

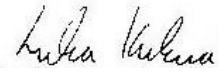
Smith, R.L., Pinckney, E.R. (1993) *The Cholesterol Conspiracy*, 2.izd, Warren H. Green, inc., St. Louis.

Stamler, J., Daviglius, M.L., Garside, D.B., Dyer, A.R., Greenland, P., Neaton, J.D. (2000) Relationship of Baseline Serum Cholesterol Levels in 3 Large Cohorts of Younger Men to Long-term Coronary, Cardiovascular, and All-Cause Mortality and to Longevity. *JAMA*. **284**: 311-318

Štalić, Z., Sorić, M., Mišigoj-Duraković, M. (2016) *Sportska Prehrana*, 1.izd, Znanje, Zagreb.

## 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.*



---

Luka Kukina