

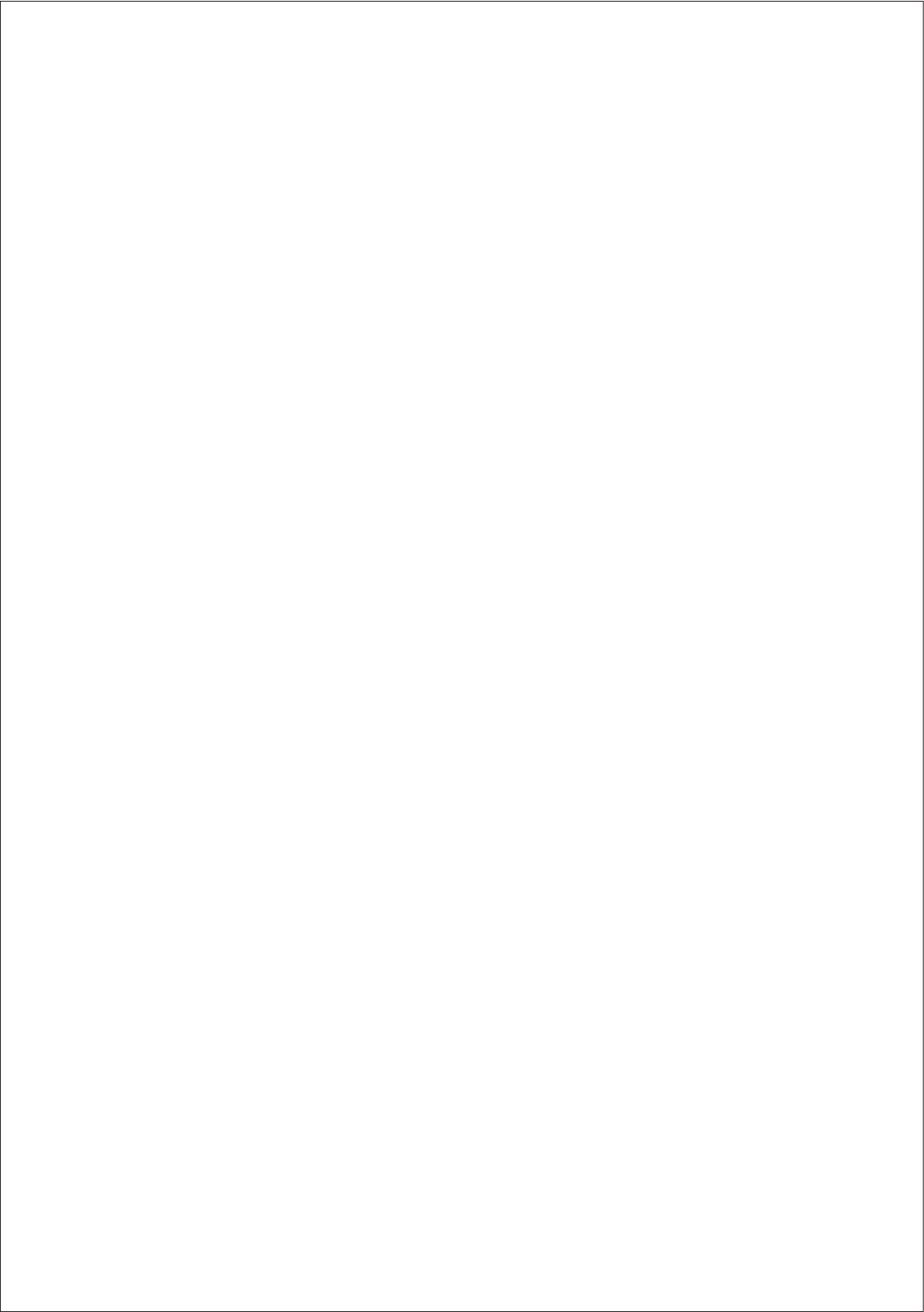


Medicinska Fakulteta – Inštitut za higieno  
in  
Tovarna olja GEA d.d., Slovenska Bistrica

# MAŠČOBE V PREHRANI



september 2002



Medicinska Fakulteta - Inštitut za higieno  
in  
Tovarna olja GEA d.d., Slovenska Bistrica

# MAŠČOBE V PREHRANI

september 2002

Zbornik referatov s seminarja  
**MAŠČOBE V PREHRANI**  
Ljubljana, 19. september 2002

**Inštitut za higieno**  
Medicinska fakulteta, Ljubljana

Pokrovitelj seminarja:  
**Tovarna olja GEA, d.d., Slovenska Bistrica**

Uredila:  
**Dražigost Pokorn, prof. dr., dr. med.,**  
**Cirila Hlastan Ribič, as. mag., univ. dipl. inž.**

Recenzirala:  
**Sonja Kremavc, univ. dipl. oec.**

Produkcija:  
**Formitas agencija za marketing, d.o.o., Ljubljana**

Naklada: 500 izvodov

Po mnenju Ministrstva za znanost in tehnologijo,  
št. 961/6264-38-9 z dne 22.7.2002  
se za knjigo plačuje 5% davek od prometa proizvodov.

## Maščobe v prehrani

Maščobe so med najpomembnejšimi sestavinami dnevne prehrane. Povprečna prehrana Slovenca vsebuje že nad 40% maščob energijske vrednosti dnevnega zaužitega obroka hrane. Hkrati s trendom naraščanja potrošnje maščob in mesa se je povečala tudi nevarnost civilizacijskih bolezni. Maščobe nastopajo kot dejavnik tveganja pri nastanku bolezni, če človek pokrije več kot 30 do 35% energijske vrednosti obroka z maščobami.

Povečana količina maščob in/ali holesterola v dnevni prehrani je lahko dejavnik tveganja pri nastanku bolezni srca in ožilja, raka (na pljučih, debelem črevesju, dojkah, prostati, endometriju, trebušni slinavki), artritisa, povišanega krvnega tlaka, sladkorne bolezni, žolčnih kamnov in debelosti.

Maščobe povečajo energijsko gostoto hrane in tako (pasivno) povečajo zaužito hrano (energijo). Maščobe v dnevni prehrani izboljšajo okus hrane (jedilnost) in tako še povečajo količino zaužite energije. Imajo zelo nizko dietno termogenezo, zato se v telesu nalagajo brez večje izgube energije.

Maščobe vsebujejo življenjsko pomembne (esencialne) maščobne kisline (linolno in alfa linolensko) in vplivajo na absorpcijo v maščobah topnih vitaminov in tako preprečujejo pomanjkanje teh vitaminov v organizmu. Posamezne maščobne kisline, v primerjavi z drugimi, imajo varovalni učinek na organizem.

Povečano prevalenco debelosti, pri nas in drugod, lahko pripišemo genetskim dejavnikom, sedečemu načinu življenja in večji razpoložljivosti okusne in energijsko goste hrane. Energijsko gosta hrana vsebuje veliko maščob, sladkorjev in malo sadja in/ali zelenjave. Energijsko gosta hrana je okusna, poceni, manj nasitljiva in tudi revna esencialnih hranil.

Glede na omenjena dejstva lahko zaključimo, da bi z znižanjem količine in/ali povečanjem kvalitete maščob v dnevni prehrani lahko izboljšali zdravje ljudi.

Namen seminarja je ponovno opozoriti na pomen maščob v preventivi bolezni. Nenazadnje pa bi s seminarjem radi opozorili še na bližajočo se 50-letnico Inštituta za higieno pri Medicinski fakulteti v Ljubljani, ki že 20 let z izbranimi seminarji opozarja na pomen prehrane za zdravje ljudi. Nenazadnje pa bi radi tudi opozorili na 50-letnico izdaje prvega slovenskega učbenika prof. dr. Ljudevita Merčuna: *Klinika prehrane*, v katerem je opozoril na pomen maščob v prehrani bolnika.

prof. dr. Dražigost Pokorn, dr. med.



# Vrsta, kvaliteta in uporaba maščob v prehrani

Vito Martinčič, univ. dipl. ing. kem. inž.

Tovarna olja GEA d.d., Trg svobode 30, SI-2310 Slovenska Bistrica

**Izveček:** Pod pojmom maščobe pojmujejo masti in olja živalskega ali rastlinskega izvora. Masti so pri sobni temperaturi trde, medtem ko so olja tekoča. Pomen maščob v prehrani je večplasten: vsebujejo življenjsko pomembne (esencialne) maščobne kisline, povečujejo energijsko gostoto hrane, pospešujejo absorpcijo v maščobah topnih vitaminov A, D, E in K, povečujejo nasitno vrednost hrane, so pomembne rezerve hrane v organizmu in nenazadnje hrani izboljšujejo okus. Maščobe je treba uživati zmerno. Pretirano uživanje maščob je namreč lahko povod za razvoj civilizacijskih bolezni, kot so bolezni srca in ožilja, debelost, visoki pritisk, sladkorna bolezen, rak. Po priporočilih svetovne zdravstvene organizacije količina maščob v jedilniku ne sme presegati 30% energetske vrednosti obrokov, pri čemer naj bo delež nasičenih maščobnih kislin čim manjši (0–10%), polinenasičenih (esencialnih) v določenih okvirih (3–7%), ostalo naj zavzemajo mononenasičene maščobne kisline. Pri uporabi maščob moramo upoštevati vidne in nevidne maščobe. Med vidne maščobe uvrščamo zabele, k nevidnim pa sodijo maščobe prisotne v mesu, mleku in mlečnih izdelkih,...

*Ključne besede: beseda 1, beseda 2, beseda 3, beseda 4 in beseda 5*

---

## Struktura maščob

S kemijskega stališča so maščobe trigliceridi – estri maščobnih kislin in glicerola. Poleg trigliceridov vsebujejo tudi do 5% (najpogosteje 1–2%) negliceridnih komponent, katere so imenovane kot neumiljive snovi. Ker gliceridi prevladujejo v sestavi maščob, se pojma maščob in gliceridov zelo pogosto identificirata, kar seveda ni prav. Pri proučevanju sestave maščob je vedno treba imeti v obziru tudi negliceridne sestavine (neumiljive snovi), od katerih nekatere, kot npr. maščobotopni vitamini, steroli, ogljikovodiki... dajejo nekaterim oljem in mastem poseben pomen (npr. gosipol bombaževem olju, sezamol sezamovem olju, itd.).

## Maščobne kisline

V molekuli triglicerida imajo največji masni delež maščobne kisline, ki tudi poglavitno vplivajo na lastnosti triglicerida. Molekulska teža vezanih maščobnih kislin znaša, odvisno od maščobnih kislin, 650–970 g/mol ali 94–96 ut.% trigliceridov. Molekulska masa glicerolnega dela ( $C_3H_5$ ) pa je vsega 41 g/mol ali 4–6 %. Maščobne kisline predstavljajo reaktivni del trigliceridov, zato je poznavanje fizikalno kemijskih karakteristik maščobnih kislin zelo pomembno za razumevanje lastnosti gliceridov. Poznavanje sestave maščobnih kislin je zelo pomembno tudi za ocenjevanje primernosti posameznih maščob v higieni prehrane.

**Preglednica 1:** Vsebnost maščobnih kislin v nekaterih rastlinskih oljih (*vir: Tovarna olja GEA, d.d. – analitični izvidi*)

olja	vsebnost maščobe (%)	nasičene maščobne kisline (%)	mononenasičene maščobne kisline (%)	polinenasičene maščobne kisline (%)
sončnično olje	100	9,6	19,1	66,9
ekstra sončnično olje	100	9,6	76,4	9,6
oljčno olje	100	14,3	71,6	9,6
sezamovo olje	100	14,3	40,1	40,1
olja oljne ogrščice	100	5,7	57,3	31,0
sojino olje	100	14,3	23,9	57,3
bučno olje	100	9,6	28,7	57,4
arašidovo olje	100	19,1	52,5	23,9
olja koruznih kalčkov	100	11,5	29,6	54,4
lešnikovo olje	100	7,6	76,4	11,5
orehovo olje	100	8,6	17,1	69,7
osatno olje	100	9,1	12,1	74,5
olja grozdnih pečk	100	9,6	16,1	69,9
palmino olje	100	43,0	41,1	11,5
olja palminih koščic	100	81,1	11,5	2,9
kokosovo olje	100	85,6	5,7	3,8
bombaževo olje	100	26,7	17,2	51,6

V naravnih oljih in masteh je zastopano zelo veliko število maščobnih kislin. Prevladujejo predvsem maščobne kisline z ravno verigo in skoraj praviloma s parnim številom ogljikovih atomov in z eno karboksilno skupino. Te maščobne kisline se medsebojno razlikujejo na osnovi števila ogljikovih atomov v molekuli, nasičenosti oziroma nenasičenosti C – atomov in na osnovi števila in položajev dvojnih vezi.

V molekuli vsake maščobne kisline – RCOOH – sta dva različna dela: ogljikovodikova skupina R in karboksilna skupina COOH.

### - Nasičene maščobne kisline

Pri normalnih nasičenih maščobnih kislinah je radikal R enostavna parafinska veriga. Vsak C atom je nasičen – CH<sub>2</sub> · CH<sub>2</sub> – . Poznan je cel niz nasičenih maščobnih kislin. Njihova splošna empirična formula je: CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>COOH. V naravnih oljih in masteh so najpogosteje zastopane nasičene maščobne kisline od C<sub>4</sub> do C<sub>22</sub> oziroma z 4 do 22 ogljikovimi atomi.

V preglednici 1 so navedene nasičene maščobne kisline s 4–26 C atomi. Maščobne kisline s 24 in 26 ogljikovimi atomi se nahajajo predvsem v voskih. Nekatera rastlinska olja vsebujejo manjše količine voskov v neomiljivih komponentah, kot je to primer pri sončničnem in koruznem olju, zato je mogoče zaslediti te nasičene maščobne kisline z dolgo verigo tudi v teh dveh oljih.



V rastlinskih in živalskih maščobah so najbolj razširjene: laurinska, miristinska, palmitinska in stearinska maščobna kislina. V mlečnih maščobah prevladujejo nižje maščobne kisline C<sub>4</sub> – C<sub>10</sub>.

**Preglednica 2:** Nomenklatura, točka tališča in nevtralizacijsko število (NV)\*, pomembnejših nasičenih maščobnih kislin

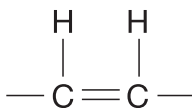
okrajšava	trivialno poimenovanje	sistematično poimenovanje	formula	točka tališča (°C)	nevtralizacijsko število (NV)
4:0	maslena	butanojska	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> COOH	-7,9	637
6:0	kapronska	heksanojska	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> COOH	-3,4	483
8:0	kaprilna	oktanojska	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> COOH	16,7	389
10:0	kaprinska	dekanojska	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> COOH	31,6	326
12:0	laurinska	dodekanojska	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> COOH	44,2	280
14:0	miristinska	tetradekanojska	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>12</sub> COOH	54,4	246
16:0	palmitinska	heksadekanojska	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>14</sub> COOH	62,9	219
18:0	stearinska	oktadekanojska	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>16</sub> COOH	69,6	197
20:0	arahinska	eikosanojska	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>18</sub> COOH	75,4	180
22:0	behenska	dokosanojska	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>20</sub> COOH	80,0	165
24:0	lignocerinska	tetrakosanojska	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>22</sub> COOH	84,2	152
26:0	cerotinska	heksakosanojska	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>24</sub> COOH	87,7	

\* Nevtralizacijsko število je ekvivalentno mg KOH, ki so potrebni za nevtralizacijo 1 g kisline

Nasičene maščobne kisline z neparnim številom C – atomov so v naravnih maščobah prisotne le v sledovih. V mlečnih maščobah je tako mogoče zaslediti nasičene maščobne kisline z 13, 15 in 17 C – atomi vendar je njihov delež po Markley-u izpod 1%.

### -Nenasičene maščobne kisline

Maščobne kisline, ki imajo v molekuli eno ali več dvojnih vezi, pripadajo skupini nenasičenih maščobnih kislin.



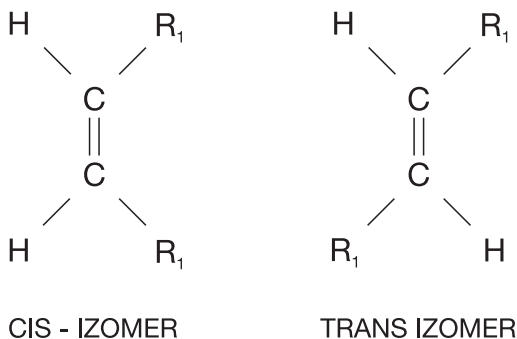
V odvisnosti od števila dvojnih vezi se nenasičene maščobne kisline delijo na mono- (z eno dvojno vezjo) in polinenasičene maščobne kisline (z več dvojnimi vezmi). V naravi so odkrili maščobne kisline z največ sedmimi dvojnimi vezmi.

V masteh in oljih se v glavnem nahajajo nenasičene maščobne kisline s parnim številom C – atomov. Tudi v tem primeru so izjeme mlečne maščobe, ki vsebujejo nižje mono nenasičene maščobne kisline z neparnim številom C – atomov.

Najpogosteje so prisotne nenasičene maščobne kisline z 18 C – atomi in to z eno, z dvema ali s tremi dvojnimi vezmi. Reaktivnost maščobnih kislin je odvisna od števila in položaja dvojnih vezi v molekulah. V kolikor se želi oceniti reaktivnost maščobnih kislin, je zato treba poznati stopnjo nenasičenosti in položaj dvojnih vezi maščobnih kislin.

### Cis – trans geometrijske izomere nenasičenih maščobnih kislin

Nenasičene maščobne kisline lahko nastopajo v cis ali trans izomerni obliki. Oblika je odvisna od geometrijske konfiguracije delov molekule z obeh strani nenasičene vezi. Nenasičena vez pri trans maščobni kislini je manj reaktivna od nenasičene vezi pri cis maščobni kislini.



**Slika 1:** Geometrijska konfiguracija Cis in trans izomer maščobnih kislin

Kemijska sestava cis in trans izomer je identična, vendar se po fizikalno kemijskih lastnostih cis in trans izomere med sabo bistveno razlikujejo.

Število cis in trans izomer neke maščobne kisline je odvisno od števila dvojnih vezi. Tako lahko na primer maščobna kislina z dvema dvojnima vezema teoretično obstaja v štirih geometrijskih oblikah: cis – cis, cis – trans, trans – cis in trans – trans.

V naravnih, surovih rastlinskih oljih trans maščobne kisline niso prisotne, najdemo pa jih v določenih živalskih masteh. Goveji loj tako vsebuje 6–8% trans maščobnih kislin, med katerimi prevladuje zlasti elaidinska kislina.

### Mono nenasičene maščobne kisline

Skupna formula za vse maščobne kisline te skupine je:  $C_nH_{2n-2}O_2$ .

V preglednici 3 so podane nekatere pomembnejše mononenasičene maščobne kisline, ki so najpogosteje zastopane v naravnih oljih in masteh.

Oleinska kislina (C<sub>18:1 ω - 9 c</sub>) je najbolj razširjena maščobna kislina in se nahaja praktično v vseh oljih in masteh. V nekaterih jedilnih oljih in masteh je njen delež celo višji od 50%.

Palmitoleinska kislina ( $C_{16:1 \omega - 7 c}$ ) je prav tako zelo razširjena v naravnih maščobah. Nekatere druge maščobne kisline iz skupine mono nenasičenih maščobnih kislin pa se nahajajo samo v določenih maščobah. Tako je npr. vakuenska kislina ( $C_{18:1 \omega - 7 t}$ ) prisotna le v maslu in loju, gadoleinska kislina ( $C_{20:1 \omega - 11 c}$ ) v gorčičnem olju, olju oljne ogrščice in v ribjih oljih, petroselinska ( $C_{18:1 \omega - 12 c}$ ) v olju peteršilja in eruka kislina ( $C_{22:1 \omega - 9 c}$ ) v gorčičnem olju in olju oljne ogrščice

**Preglednica 3:** Nomenklatura, točka tališča in nevtralizacijsko število (NV)\*, pomembnejših mono nenasičenih maščobnih kislin

okrajšava	trivialno poimenovanje	sistematično poimenovanje	molska masa (g/mol)	nevtral. število (NV)	točka tališča (°C)
10:1 $\omega - 1 c$	kaproleinska	cis-9-decenojska	170,2		
12:1 $\omega - 3 c$	lauroleinska	cis-9-dodecenojska	198,3		
14:1 $\omega - 5 c$	miristoleinska	cis-9-tetradecenojska	226,4		4,5
16:1 $\omega - 7 c$	palmitoleinska	cis-9-heksadecenojska	254,4	220,5	-0,5
16:1 $\omega - 7 tr$	palmitelaidinska	trans-9-heksadecenojska	254,4	220,5	31,0
18:1 $\omega - 12 c$	petroselinska	cis-6-oktadecenojska	282,5	198,6	30,0
18:1 $\omega - 9 c$	oleinska	cis-9-oktadecenojska	282,5	198,6	13-16
18:1 $\omega - 9 tr$	elaidinska	trans-9-oktadecenojska	282,5	198,6	43,7
18:1 $\omega - 7 tr$	vakuenska	trans-11-oktadecenojska	282,5	198,6	44,0
20:1 $\omega - 11 c$	gadoleinska	cis-9-eikosenojska	310,5		23,5
22:1 $\omega - 9 c$	eruka	cis-13-dokosenojska	338,6	165,7	33,5

\* Nevtralizacijsko število je ekvivalentno mg KOH, ki so potrebni za nevtralizacijo 1 g kisline

### Polinenasičene maščobne kisline

Najpomembnejše maščobne kisline te skupine so kisline z dvema in tremi dvojnimi vezmi. Splošna formula za maščobne kisline z dvema dvojnima vezema je  $C_nH_{2n-4}O_2$ , splošna formula za maščobne kisline z tremi dvojnimi vezmi pa je  $C_nH_{2n-6}O_2$ . Najbolj poznane in najbolj razširjene maščobne kisline iz te skupine so podane v preglednici št. 4.

Linolna kislina ( $C_{18:2 \omega - 6 c}$ ) je najpomembnejši predstavnik t.i. esencialnih maščobnih kislin. Prisotna je tako rekoč v vseh oljih in masteh, s tem da njen delež variira v zelo širokih mejah od 0,5% do 81%. Alfa Linolenska kislina ( $C_{18:3 \omega - 3 c}$ ) in gama linolenska kislina ( $C_{18:3 \omega - 6 c}$ ) sta prav tako esencialni maščobni kislini. Prisotni sta v številnih maščobah. Prevladujeta v oljih z visokim jednim številom (>150), ki spadajo v skupino t.i. sušičih olj, ki se uporabljajo v industriji lakov. Arahidonska kislina ( $C_{20:4 \omega - 6 c}$ ) je pomembna esencialna kislina, ki se nahaja samo v maščobah živalskega izvora. V majhnih deležih je tako prisotna v svinjski masti (<1 %) in loju (<0,5 %), vsebujejo pa jo tudi fosfatidi jeter in možganov. V tungovem olju se nahajajo trans poli nenasičene maščobne kisline kot  $\alpha$ -eleostearinska, ki se z izomerizacijo pretvarja v  $\beta$ -eleostearinsko. Ribja olja vsebujejo klupanodonsko kislino ( $C_{22:5 \omega - 3 c}$ ), ki daje ribjim oljem karakteristične lastnosti.

**Preglednica 4:** Nomenklatura, točka tališča in nevtralizacijsko število (NV)\*, pomembnejših polinenasičenih maščobnih kislin

okrajšava	trivialno poimenovanje	sistematično poimenovanje	mol. masa (g/mol)	nevtr. število (NV)	točka tališča (°C)
18:2 ω - 6 c	linolna	cis-9,12-oktadecenojska	280,4	200,06	-5,0
18:3 ω - 6 c	gama linolenska	cis-6, 9,12-oktadekatrienojska	278,4	200,06	
18:3 ω - 3 c	alfa linolenska	cis-9,12,15-oktadekatrienojska	278,4		-11,0
18:4 ω - 3 c	stearidonska	cis-6, 9,12,15-oktadekatetraenojska		202,9	
20:3 ω - 6 c	dihomo-gama linolenska	cis-8,11,14-eicosatrienojska		167,7	
20:4 ω - 6 c	arahidonska	cis-5, 8,11,14-eicosatetraenojska	304,5	184,28	-49,5
20:5 ω - 3 c	EPA	cis-5, 8,11,14,17-eicosapentaenojska			
22:5 ω - 3 c	klupanodonska	cis-7,10,13,16,19-docosapentaenojska	330,5		-78,0
22:6 ω - 3 c	DHA	cis-4, 7,10,13,16,19-docosaheksaenojska			

\* Nevtralizacijsko število je ekvivalentno mg KOH, ki so potrebni za nevtralizacijo 1 g kisline

### Negliceridne sestavine v maščobah

Naravne maščobe vsebujejo običajno 1 do 2% negliceridnih sestavin. Izjema so posamezna rastlinska olja (bombažovo olje ali sojino olje), kjer je lahko delež negliceridnih sestavin tudi do 3,5%. Nekatere negliceridne sestavine (tokoferoli, steroli, fosfatidi) se nahajajo v vseh rastlinskih oljih in masteh, pri čemer se spreminja samo njihov delež, nekatere pa so karakteristične za posamezna olja in masti (vitamin A in D v olju ribjih jeter in maslu, sezamol v sezamovem olju...).

Nekatere negliceridne komponente dajejo oljem, v katerih se nahajajo, tudi specifične karakteristike, takšna sestavina je npr. gosipol, ki daje bombaževčevemu olju temno rjavo barvo. Posamezne negliceridne sestavine, kot v maščobah topni vitamini in karoten ter steroli, so v oljih zelo zaželeni, nekatere pa znižujejo kvaliteto olja in masti in jih je treba med rafinacijskimi procesi v celoti odstraniti (sledovi kovin, voski..).

Iz navedenega je razvidno, da je področje proučevanja negliceridnih komponent maščob zelo kompleksno, ker se v naravnih maščobah nahaja zelo veliko število negliceridnih komponent.

V članku so obravnavane le nekatere negliceridne komponente.

### -Vitamini topni v maščobah

Večjo in zelo pomembno skupino negliceridnih sestavin maščob predstavljajo v maščobah topni vitamini A, D, E in K. Nekatere maščobe imajo zaradi vsebnosti teh vitaminov posebno mesto v higieni prehrane (maslo zaradi vsebnosti vitamina A in D, olje pšeničnih kalčkov, olje koruznih kalčkov, sončnično olje in bučno olje zaradi vsebnosti vitamina E). Posamezna olja se celo koristijo kot osnovna surovina (izvor) za proizvodnjo posameznih vitaminov. V ta namen se koristijo predvsem olja jeter nekaterih morskih rib, ki so izjemno bogata z vitamini A in D.

## Vitamin E – tokoferoli:

Tokoferoli so zelo pomembna skupina kemijskih spojin, ki se kot negliceridne komponente, pojavljajo praktično v vseh naravnih oljih in masteh. Tokoferoli so najpomembnejši, v maščobah prisotni antioksidanti. Anti-oksidacijska aktivnost je povezana s prisotnostjo proste hidroksilne skupine (OH<sup>-</sup>). Poleg anti-oksidacijske imajo tokoferoli v organizmu tudi zelo pomembno biološko aktivnost, zato so jih poimenovali tudi kot vitamin E. V kolikor se prosta hidroksilna skupina zaestri, kar se zgodi pri oksidaciji tokoferolov, ki so sami po sebi tako kot tudi drugi anti-oksidanti nestabilni, nastanejo estri tokoferolov (npr.  $\alpha$ -tokokinon). Zaestrena hidroksilna skupina povzroči izgubo anti-oksidacijske (ne pa tudi biološke) aktivnosti tokoferolov.

Najboljše antioksidacijsko delovanje ima  $\delta$  - in nato  $\gamma$  - tokoferol, iz česar sledi, da imajo olja in masti, ki vsebujejo  $\delta$  - in  $\gamma$  - tokoferole zelo dobro stabilnost in se lahko dlje časa varujejo pred oksidacijo. Kot primer lahko navedemo olje koruznih kalčkov. To olje ima visok delež skupnih tokoferolov, od katerih jih je največ v formi  $\gamma$  - , zato ima to olje navkljub visokemu deležu nenasičenih maščobnih kislin zelo dobro stabilnost.

**Preglednica 5:** Biološka aktivnost in anti-oksidacijsko delovanje pomembnejših tokoferolov  
(vir: Walbecq 1966)

	biološka aktivnost	antioksidacijsko delovanje
$\alpha$ - tokoferol	100	100
$\beta$ - tokoferol	33	110
$\gamma$ - tokoferol	1	160
$\delta$ - tokoferol	1	170

Najboljšo biološko aktivnost ima  $\alpha$  - tokoferol. Za razliko od ostalih tokoferolov deluje  $\alpha$  - tokoferol kot anti-oksidant tudi »in vivo«. V organizmu regulira oksidacijsko – redukcijske procese ter s tem ščiti, pred oksidacijo, nenasičene maščobne kisline. Na tej lastnosti najverjetneje tudi bazira njegovo vitaminsko delovanje.

Vsebnost tokoferolov je znatno višja v rastlinskih oljih kot v živalskih maščobah; v ribjih oljih tokoferoli niso najdeni. V preglednici 6 je podana vsebnost skupnih in posameznih tokoferolov v rastlinskih oljih, ki se najpogosteje uporabljajo v prehrani.

## -Steroli

Steroli (sterol gr. trd alkohol) so kristalinični, nevtralni, neomiljivi alkoholi z visokimi točkami tališča in lastnostmi, podobnimi holesterolu. Prisotni so v vseh oljih in masteh, pri čemer njihov delež variira v zelo širokem spektru od 0,03 – 1,0%.

Po kemijski sestavi so steroli visokomolekularni ciklični alkoholi – derivati ciklopentanofenantrena.

Steroli se v rastlinskih oljih in masteh pojavljajo v prosti obliki kot estri maščobnih kislin (lahko se smatrajo tudi kot voski) in kot glukozidi. Ker steroli predstavljajo osnovno surovino za

**Preglednica 6:** Vsebnost skupnih in posameznih tokoferolov v nekaterih rastlinskih oljih in masteh  
(vir: Ecky 1954, Kochar in Meara, 1977)

olja ali mast	tokoferoli skupno (ppm)	% od skupnih tokoferolov			
		$\alpha$ - T	$\beta$ - T	$\gamma$ - T	$\delta$ - T
arašidovo olje	330	51	1	44	4
bombaževo olje	830–900	41	sled	58	1
bučno olje	750–860	-	-	-	-
gorčično olje	320	26,8	-	55	18,2
kokosovo olje	30–80	-	89	-	11
koruzno olje	870–2.500	16	2	79	3
laneno olje	200	38,8	-	30,6	30,6
olja oljne ogrščice	690	35	-	63	2
olja pšeničnih kalčkov	1.800–4.500	64	27	-	-
oljčno olje	100	93	-	7	-
osatno olje	410	83	-	-	17
palmino olje	360–560	30	sled	-	-
riževo olje	388	84	-	16	-
sezamovo olje	640	37,6	-	37,6	24,8
sojino olje	900–1.400	10	3	63	24
sončnično olje	630–700	96	2	2	-

proizvodnjo spolnih hormonov in za pripravo sintetičnega vitamina D, obstaja zelo velik interes za postopke izločevanja sterolov iz rastlinskih olj in masti. Sterole je mogoče separirati iz neumljivih komponent maščob s frakcionirano kristalizacijo, ali pa jih je mogoče koncentrirati s pomočjo molekularne destilacije.

Vse sterole lahko delimo glede na izvor na zoosterole in fitosterole.

#### Zoosteroli:

Glavni predstavnik zoosterolov je holesterol  $C_{27}H_{46}O$ , ki je najbolj poznan, pa tudi najbolj dominanten in karakterističen sterol živalskih masti.

#### Fitosteroli (phytosterols):

Steroli v rastlinskih oljih so mešanice sterolov, ki se imenujejo fitosteroli. Dva izmed najpogostejših fitosterolov sta  $\beta$  - sitosterol,  $C_{29}H_{50}O$  in stigmasterol,  $C_{29}H_{48}O$ . Prvi je zelo razširjen in je osnovni sterol bombaževega olja, drugi je osnovni sterol sojinega olja.

#### -Glikozidi

V tej skupini kemijskih spojin se nahaja več sestavin, ki v olju nastopajo kot negliceridne komponente. Najpomembnejše med njimi so: sezamol in sinalbin.

**Preglednica 7:** Karakteristična vsebnost sterolov za posamezne vrste olj

parameter	sončnično olje	sojino olje	ogrščično olje	olje koruznih kalčkov	arašidovo olje	bučno olje	oljčno olje
skupni steroli (mg/kg)	2400 - 4.600	1800 - 4100	4800 - 11300	8000 - 22200	900 - 2900	2100 - 5600	≥ 1000
delež v skupnih sterolih (%)							
holesterol	0,2 - 1,3	0,6 - 1,4	0,5 - 1,3	0,2 - 0,6	do 3,8	sled	≤ 0,5
braskasterol	do 0,2	do 0,3	5 - 13,0	do 0,2	do 0,2	-	≤ 0,1
kampasterol	7,4 - 12,9	15,8 - 24,2	24,7 - 38,6	18,6 - 24,1	12,0 - 19,8	0,1 - 5,0	≤ 4,0
stigmasterol	8,6 - 10,8	15,9 - 19,1	do 0,7	4,3 - 7,7	5,4 - 13,2	0,1 - 3,0	≤ 4,0
beta-sitosterol	56,2 - 62,8	51,7 - 57,6	45,1 - 57,9	54,8 - 66,6	47,5 - 64,7	1,0 - 5,0	≥ 93
delta-5-avenasterol	do 6,9	1,9 - 3,7	3,1 - 6,6	4,2 - 8,2	8,3 - 18,8	-	-
delta7-stigmasterol	7,0 - 13,4	1,4 - 5,2	do 1,3	1,0 - 4,2	do 5,5	-	≤ 0,5
delta-7-avenasterol	3,1 - 6,5	1,0 - 4,6	do 0,8	0,7 - 2,7	do 1,4	-	-
spinasterol	-	-	-	-	-	28 - 40	-
stigmastatrienol	-	-	-	-	-	20 - 30	-
stigmastadienol	-	-	-	-	-	10 - 40	≤ 0,15

**Sezamol:**

Je glikozid, ki ima podobno kot ferulica kislina močnejšo antioksidacijsko aktivnost kot tokoferoli. Sezamovo olje vsebuje 0,3–0,5% sezamolina, glukozida fenolne substance sezamola, 0,5–1,0% sezamina in tudi nekaj (do 0,1%) prostega sezamola.

Sezamol je inhibitor oksidacije olja, zato se uvršča v skupino dobrih antioksidantov, kar je tudi razlog za zelo dobro stabilnost sezamovega olja.

**-Ogljikovodiki**

Med negliceridnimi sestavinami olj in masti so prisotne tudi manjše količine nasičenih in nenasičenih alifatskih ogljikovodikov z neparnim in parnim številom ogljikovih atomov. Njihov delež v negliceridnih komponentah je med 0,1 - 1,0%.

Najpomembnejši in zelo široko uporabljan ogljiko-vodik je squalen (C<sub>30</sub>H<sub>50</sub>). Squalen je visokonena-sičen in strukturno zelo podobno karotenom. Ker dvojne vezi squalena niso konjugirane, je squalen brezbarven.

**Preglednica 8:** Vsebnost squalena v nekaterih pomembnejših maščobah

olje ali mast	vsebnost squalena (mg/100 g maščobe)	
	povprečje	rang
oljčno olje	383	136 – 708
olje koruznih kalčkov	28	16 – 42
arašidovo olje	27	8 – 49
olje oljne ogrščice	26	24 – 28
sončnično olje	12	8 – 19
sojino olje	12	5 – 22
bombaževo olje	8	3 – 15
gorčično olje	7	7
sezamovo olje	5	3 – 9
laneno olje	4	4
kakavovo maslo	2	2
kokosova mast	0	0

**Vrsta in uporaba maščob**

Poznamo več delitev maščob. Najosnovnejša je zagotovo po izvoru, kjer ločimo maščobe živalskega in maščobe rastlinskega izvora. Glede na agregatno stanje ločimo masti, ki so pri sobni temperaturi trdne, in olja, ki so pri sobni temperaturi v tekočem agregatnem stanju. Lahko pa ločimo maščobe tudi glede na procese pridobivanja. Rastlinska olja so tako lahko rafinirana in nerafinirana. Med nerafiniranimi olji ločimo skupino hladno stiskanih olj in skupino olj, ki so proizvedena s postopkom praženja (bučno olje, črno sezamovo olje). Posebno skupino maščob tvorijo olja z znakom varovalnega živila. Skupen imenovalac teh olj ni izvor ali postopek proizvodnje, ampak maščobnokislinska prilagojenost zahtevam varovalne prehrane.

**Maščobe živalskega izvora**

V prehrani človeštva so živalske maščobe v zgodovini odigrale zelo pomembno vlogo. Čeprav v zadnjem obdobju izgubljajo na pomenu, so živalske maščobe močno vpete v prehrabne navade ljudi. Razen masla so živalske masti stranski proizvodi industrije mesa. Najbolj razširjene živalske masti so svinjska mast in goveji loj, pri nas pa so prisotne tudi maščobe ovac, gosi in drugih živali. Maščobno kislini sestav živalskih maščob se močno spreminja v odvisnosti od vrste prehrane živali, manj pa je odvisna od vrste in spola živali. Maščobe živali, katerih glavni vir prehrane je trava, imajo tako višje deleže nasičenih maščobnih kislin od živali, ki se prehranjujejo s sojino krmo ali koruzo.

Za živalske maščobe je značilna prisotnost holesterola, visoki deleži nasičenih maščobnih kislin, nizka vsebnost esencialnih maščobnih kislin ter vitamina E. Za razliko od rafiniranih rastlinskih olj imajo živalske maščobe specifične vonje in okuse.



## **Rastlinska olja**

Zgodovina rastlinskih olj je povezana z najzgodnejšim razvojem človeka. Že tisočletja nazaj je začel človek uporabljati laneno, olivno in sezamovo olje, kljub temu pa lahko govorimo o industrijski proizvodnji olja šele v zadnjem stoletju, po iznajdbi postopka rafinacije.

### **-Rafinirana rastlinska olja**

Z rafinacijo se iz surovih olj s postopki deguminacije, nevtralizacije, beljenja, vinterizacije in dezodorizacije odstranijo intenzivni okusi, neprijeten vonj, intenzivna barva, pri določenih oljih (bombaževčevo, arašidovo) pa tudi zdravju škodljive komponente. Rafinirana olja so zaradi nevtralnega vonja in okusa splošno uporabna v kuhinji za pripravo hladnih in toplih jedi, prav tako pa tudi za cvrtje.

Nekatera na trgu prisotna jedilna rastlinska olja so dodatno obogatena z vitaminom E v obliki dodatka olja pšeničnih kalčkov. Tako obogatena olja imajo višjo stabilnost in tudi višjo biološko vrednost. Rastlinska olja so stabilnejša od živalskih maščob.

### **-Hladno stiskana olja**

Hladno stiskana olja se pridobivajo v pogojih, pod katerimi v nobeni fazi proizvodnje seme ali olje ne preseže 40° C. Hladno stiskana olja niso niti kemijsko niti temperaturno obdelana, zato obdržijo aromo ter okus oljnice hkrati z ostalimi v olju prisotnimi sestavinami.

Hladno stiskana olja imajo višjo gastronomsko in makrobiotično vrednost, blagi pogoji proizvodnje pa preprečijo delno ali popolno razgradnjo naravnih snovi, ki oljem povečujejo stabilnost. Praviloma so zato hladno stiskana olja zelo stabilna in s tega stališča primerna za vsa področja uporabe v kuhinji. Med najpomembnejša hladno stiskana olja sodijo: sezamovo, olivno, sončnično, osatno olje in olje grozdnih pečk.

Vsa hladno stiskana olja se uporabljajo v majhnih količinah. Predvsem so primerna za pripravo zelenjavnih in listnatih, v manjši meri pa tudi sadnih solat. Z njimi kuhamo tam, kjer je v receptu malo maščobe. Zelo so uporabna tudi za pripravo različnih vrst testa, kot so: vlečeno testo, kvašeno, krompirjevo testo, kuhano ali paljeno testo, za marinade. Hladno stiskanih olj ne uporabljamo za pripravo majonez, saj lahko tako pripravljene majoneze dobijo grenak priokus.

### **-Naravno nerafinirano bučno olje**

Bučno olje ni rafinirano in prav tako ni hladno stiskano. Uvrščamo ga med pražena olja, saj se pridobiva iz praženih bučnih ali goličnih semen. Olje je temno zelenordeče barve in je zelo aromatično. V Sloveniji je poznano predvsem na Štajerskem, nepogrešljivo pa je na Avstrijskem Štajerskem.

Bučno olje ima zelo visoko vsebnost vitamina E, pigmentov, mineralnih in rudninskih snovi. V kulinariki se uporablja predvsem za solate, kjer se odlično ujema s fižolom, paradižnikom, govedino in tlačenko. Nekateri ga uporabljajo tudi za pripravo omak ali celo za pečenje. Posebnost prekmurske kuhinje je na primer postrv, panirana v koruzni moki in ocvrta v bučnem

olju. V domačih lekarnah se bučno olje uporablja tudi kot preventiva in kurativa pri težavah s prostato.

Bučno olje shranjujemo na hladnem in temnem prostoru. V temi namreč pigmenti delujejo kot naravni stabilizatorji olja. V kolikor shranjujemo olje na svetlobi, pigmenti pod njenim vplivom razpadajo (barva olja bleedi), hkrati pa tudi pospešujejo kvarjenje olja.

### ***-Rastlinska olja z znakom varovalnega živila za srce***

Rastlinska olja z znakom varovalnega živila imajo maščobno kislinsko sestavo, ki med maščobami najugodnejše vpliva na holesterinsko sliko. Skupne značilnosti teh olj so: zelo nizka vsebnost nasičenih maščobnih kislin (<33%), zmerna vsebnost esencialnih maščobnih kislin (<33%) ter zelo visoka vsebnost mononenasičenih maščobnih kislin.

### **Tehnološki postopki uporabe maščob**

#### ***Cvrtje***

Proces cvrtja spada med najzahtevnejše tehnološke procese priprave hrane. Opišemo ga lahko kot kuhanje hrane s potapljanjem živila v maščobo, segreto preko temperature vrelišča vode. Običajno je temperatura maščobe 150 - 200°C.

Med cvrtjem poteka med maščobo in živilom kombinacija toplotnega in snovnega prenosa, zato je proces zelo kompleksen. Razumevanje procesa še bolj zaplete dejstvo, da se med cvrtjem spreminja struktura cvrtega živila in lastnosti medija. V cvrtem živilu potekajo tudi drugi procesi kot so npr. želatinizacija škroba, denaturacija proteinov in nižanje vsebnosti vlage. Spremembe se izražajo skozi nabrekavanje živil, formiranje skorjaste povrhnjice, zlatorjavo obarvanost živil, spremembo teksture in okusa.

Med cvrtjem poteka vrsta kemijskih reakcij, kot so: oksidacija, polimerizacija, hidroliza, izomerizacija, ciklizacija..., ki proizvajajo številne hlapljive in nehlapljive produkte. Pri enakih pogojih cvrtja je bilo opaženo, da se hitrost in vrsta kemijskih reakcij razlikujeta, če se segreva samo maščoba, ali če je v maščobi tudi živilo. Prav tako prihaja do bistvenih razlik, če opazujemo kemijske reakcije pri sobni ali pri povišani temperaturi. Rezultati nakazujejo, da pri pogojih cvrtja razpad maščob ni pogojen samo z hidrolitičnimi reakcijami ali reakcijami, ki jih pospešujejo prosti radikali.

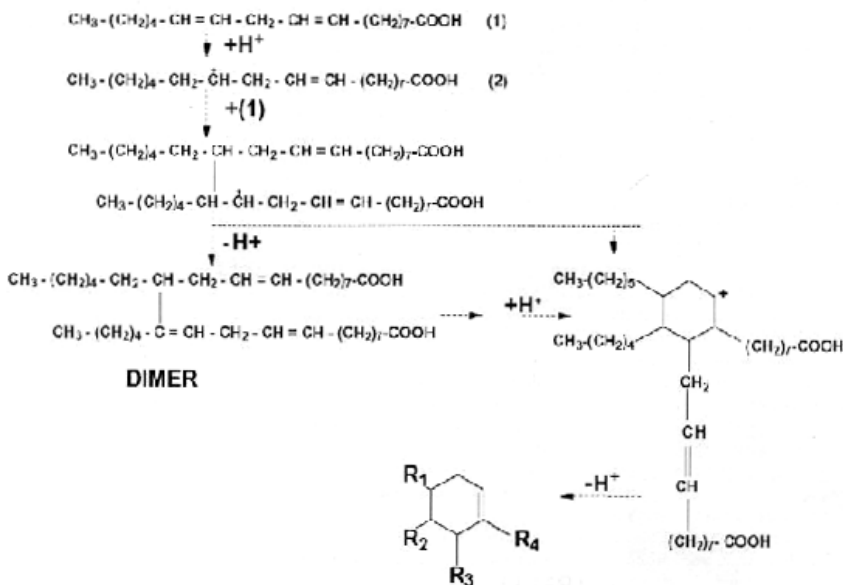
V samem začetku postopka cvrtja je olje zaradi raztopljenega zraka in zaradi prezračevanja, povzročenega s strani polaganja hrane v vroče olje, podvrženo reakciji avtooksidacije. Tvorijo se konjugirani hidroperoksidi, ki nato po verižni reakciji generirajo dimere in polimere. Med temi reakcijami se tvorijo prosti radikali, ki delujejo kot vmesni produkti za nastanek sekundarnih oksidacijskih produktov.

Pri visokih temperaturah ne nastopa indukcijska perioda. Hidroperoksidi so podvrženi hitremu razpadu, še preden lahko zagotovijo proste radikale za nadaljevanje verižne reakcije. Večina dimeriziranih ali polimeriziranih trigliceridov se tvori intermolekularno preko ogljikovih (C-C) vezi in le manjšina dimerov se tvori preko vezi ogljik - kisik (C-O).

Videti je, da so dimeri in polimeri, ki so nastali preko oksidacije pri nizkih temperaturah, medsebojno povezani preko kisikovih mostičkov (C-O-C), medtem ko so tisti, ki nastajajo intermolekularno pri visokih temperaturah povezani z ogljikovimi C-C vezmi.

**-Mehanizem intermolekularne dimerizacije in ciklizacije**

Med procesom cvrtja je zaradi intenzivnega odparevanja vlage iz živila na površini olja oblikovan sloj parnih odparkov, ki otežuje dostop kisika, zaradi česar je otežkočena oksidacija medija. Pri formaciji neoksidiranih dimerov, polimerov in cikličnih trigliceridov je zato lahko neradikalni mehanizem reakcij pomembnejši od avtooksidacijskega. Mehanizem neradikalskih reakcij se začne s tvorbo konjugiranih nenasičenih maščobnih kislin, ker so le te bolj reaktivne kot maščobne kisline z izoliranimi trans dvojnimi vezmi. Hidroperoksidi nenasičenih maščobnih kislin (ki se prav tako tvorijo z lipidno peroksidacijo) se preoblikujejo v konjugirane maščobne kisline. Če je reakcija kislinsko katalizirana, se lahko nenasičene maščobne kisline tudi direktno transformirajo v konjugirane nenasičene maščobne kisline. Naslednja stopnja je dimerizacija nenasičenih maščobnih kislin, ki je lahko sprožena s kationskim mehanizmom. Nastali intermedijati kationske reakcije se stabilizirajo z mezomernim efektom in v naslednjih reakcijah tvorijo dimere, ki niso povezani preko kisikovih vezi. Dimerizacija poteka pri temperaturah višjih  $T > 220^{\circ}\text{C}$ . Če pa je reakcija kislinsko katalizirana, pa poteka dimerizacija pri temperaturah  $T > 140^{\circ}\text{C}$ .



Slika 2: Intermolekularni mehanizem dimerizacije in ciklizacije linolne kisline

**Preglednica 9:** Oksidacijska stabilnost tržno dostopnih rastlinskih olj in masti pri temperaturah cvrtja

rastlinsko olje	delež polimerov (%)	OSET Indeks*
bučno olje - nerafinirano	0,89	112
sezamovo olje - hladno stiskano	1,29	78
sezamovo olje - rafinirano	2,61	38
koruzno olje- rafinirano	1,97	51
olje oljne ogrščice- nerafinirano	0,92	109
olje oljne ogrščice - rafinirano	1,95 – 3,16	51-32
palmino olje - rafinirano	2,08	48
arašidovo olje - rafinirano	3,09 – 3.42	32-29
oljčno olje - hladno stiskano	2,23	45
sončnično olje - hladno stiskano	2,19	46
sončnično olje - rafinirano	2,61	38
olje grozdnih pečk - rafinirano	3,68	27
osatno olje - nerafinirano	3,31	30
osatno olje - rafinirano	3,97	25

\*OSET indeks = 100 / (ut.% PTG)

Predpostavka kislinsko kataliziranih reakcij dimerizacije in polimerizacije nam daje logično razlago za zaščitne vplive nekaterih naravnih negliceridnih komponent olj med procesom cvrtja. Naravne substance kot so squalen, steroli, pa tudi nekateri sintetični antioksidanti kot je askorbil palmitat, vzdržujejo stabilnost olja med cvrtjem pri visokih temperaturah.

Pri merjenju stabilnosti olja pri cvrtju imajo tako nerafinirana olja veliko višjo stabilnost kot rafinirana olja. Sestava maščobnih kislin posameznih olj ali oljnih mešanic nam namreč ne daje popolnoma realistične slike o oksidacijski stabilnosti maščobe.

### ***-Oksidacijska stabilnost rastlinskih olj***

V primerjalnih Preglednicah lahko trenutno zasledimo podatke o oksidacijskih stabilnostih rastlinskih olj, merjenih po različnih postopkih. Vsem meritvenim metodam je skupno, da se meri oksidacijska stabilnost olj pri povišani temperaturi (običajno 100 – 120° C) in intenzivnem dodajanju kisika, kar ustreza sledenju mahanizmu radikalske avtooksidacije. Najpogosteje uporabljana testa sta OSI test (merjenje indeksa oksidacijske stabilnosti) in test z Rancimat-om. Navedeni testi zagotavljajo dobre podatke o obstojnosti olj na policah, žarkosti ali oksidacijski stabilnosti maščob ali živil pri sobni temperaturi. Za določevanje stabilnosti olj pri pogojih cvrtja pa je ugotovljeno, da je uporabnost teh metod praktično nična. Pri pogojih cvrtja je dominanten kislinsko kataliziran mehanizem reakcij, vnos kisika pa je bistveno znižan.

Za merjenje stabilnosti rastlinskih olj v pogojih cvrtja se zato razvija nova metoda OSET (meritev indeksa oksidacijske stabilnosti pri povišani temperaturi), ki se vse bolj uveljavlja. Z navedeno metodo je mogoče oceniti stabilizacijsko aktivnost sintetičnih in naravnih aditivov skozi simulacijo

industrijskega cvrtja. Med testom se nerafinirana ali rafinirana rastlinska olja ali masti segrejejo in vzdržujejo na temperaturi 170° C 2 uri, pri čemer se doda vodno kondicionirani silikagel.

Za ocenitev oksidacijske stabilnosti se nato z HPLC kvantitativno določuje količina nastalih dimernih in polimernih trigliceridov (PTG)

Če je pri pogojih cvrtja dominanten kislinsko kataliziran mehanizem kemijskih reakcij, lahko predpostavimo, da bodo proces polimerizacije trigliceridov zavirale substance kot steroli, ki so lahko podvržene reakcijam kislinsko kataliziranega razpada. Za ugoden vpliv na oksidacijsko stabilnost trigliceridov mora biti aktivacijska energija dekompenzacijskih reakcij nižja kot reakcijska energija dimerizacije trigliceridov. Naveden, protonsko aktiviran mehanizem dehidratacije je opažen pri številnih substancah, ki kažejo antipolimerizacijski efekt.

### **-Spojine, ki kažejo antioksidacijsko aktivnost pri povišanih temperaturah**

- Steroli kot  $\Delta^5$  avenasterol in sorodni, ki vsebujejo ethilidensko skupino ( $\Delta^7$  avenasterol, citrostadienol) delujejo pri povišanih temperaturah kot antioksidanti. Antioksidacijska aktivnost  $\Delta^5$  avenasterola se pripisuje tvorbi prostega alilnega radikala na C29, ki nato izomerizira v relativno stabilen prosti terciarni radikal na C24. Poudariti je treba, da steroli, ki vsebujejo ethilidensko skupino, ne kažejo nobene antioksidacijske aktivnosti pri sobni temperaturi ali temperaturah 100° C ali 120° C, kjer se meri oksidacijska stabilnost s klasičnimi metodami. Navedena skupina sterolov ima tudi dodaten, posreden vpliv na stabilnost olj. Steroli z ethilidensko skupino zavirajo razpad tokoferolov pri povišanih temperaturah.
- Askorbinska kislina in askorbil palmitat pri povišanih temperaturah dehidrirata v ustrezne dehidro komponente.
- Squalen v prisotnosti kisline in vlage dimerizira.
- Sezamolin se v prisotnosti kisline in vlage pretvori v več antioksidacijskih spojin.

Vse navedene komponente kemijsko reagirajo na osnovi reakcijskega mehanizma, aktiviranega z vodo in protonom, oziroma nukleofilom. Ker navedene reakcije potekajo pri nižjih temperaturah kot reakcije dimerizacije, je mogoče tudi to ena od razlag za izboljšano stabilnost olj, ki vsebujejo navedene spojine, pri povišanih temperaturah.

### **Kriteriji »varovalnega« olja za cvrtje**

Koncept varovalnega olja za cvrtje je že dlje časa tema polemik in najrazličnejših raziskav, pri čemer so se izoblikovali naslednji kriteriji za nadaljnji razvoj te vrste olj.

- visoka vsebnost mononenasičenih maščobnih kislin, C18:1 (>75%),
- nizka vsebnost nasičenih (C16:0, C14:0, C12:0) in polinenasičenih maščobnih kislin (<15%),
- zelo nizek delež linolenske kisline, C18:3 (<1,5%),

- praktično brez vsebnosti trans maščobnih kislin,
- visoka vsebnost naravnih antioksidantov in tokoferolov (še posebej g tokoferol).

Dodatne zahteve za to vrsto olj so vezane na opredelitev ocvrtih živil, ki morajo vsebovati zelo nizke vsebnosti:

- trans polienov
- cikličnih maščobnih kislin
- fitosterolnih oksidov.

Toksičnost cikličnih maščobnih kislin, formiranih iz linolenske kisline C18:3 je dosti višja od cikličnih maščobnih kislin, nastalih iz linolne kisline, zato je potrebno posvetiti posebno pozornost čim nižji vsebnosti linolenske kisline v oljih za cvrtje. V Franciji je celo v veljavi pravilnik, da olja, ki se namensko uporabljajo za cvrtje, ne smejo vsebovati več kot 2% linolenske kisline. Formacija cikličnih maščobnih kislin med kontinuiranimi procesi cvrtja je namreč neizogibna.

Če so potrebe organizma po esencialnih maščobnih kislinah (EFA), n-3 in n-6 maščobnih kislinah zadovoljene, potem se je med nutricionisti izoblikovalo enotno mnenje, da imajo maščobe, bogate s C18:1 ugodnejši vpliv na oksidacijsko stabilnost lipoproteinov nizke gostote (LDL). Tako mnogo študij na živalih dokazuje, da imajo olja z visokim deležem oleinske kisline, kot je »high oleic« sončnično olje, ugodnejši vpliv na tvorbo LDL holesterola, ki je manj občutljiv na oksidacijske vplive v primerjavi z običajnim sončničnim oljem (1-8).

#### Viri

1. Gertz C, Kocchar SP. New practical aspects about deep frying process. Inform 2002; 13 (5).
2. Kocchar SP. Stable and healthful frying oil for the 21st century. Inform 2000; vol 1.
3. Watkins BA, Hennig B, Toborek M. Dietary Fat and Health. In: Bailey's Industrial Oils and Fats Products, Fifth Edition, Edible Oils and Fat Products, John Wiley & Sons 1996; vol 1.
4. Kitts D. Toxicity and Safety of Fats and Oils. In: Bailey's Industrial Oils and Fats Products, Fifth Edition, Edible Oils and Fat Products, John Wiley & Sons, 1996; vol 1.
5. Sonntag NOV. Structure and Composition of Fats and Oils. In: Bailey's Industrial Oils and Fats Products, Fourth Edition, Edible Oils and Fat Products, John Wiley & Sons, 1979; vol 1.
6. Matijašević B. Tehnologija ulja i masti I. deo, Tehnološki fakultet Univerziteta u Novom Sadu 1980; 1 – 166.
7. Martinčič V. Maščobe in tehnološki postopki rafinacije rastlinskih olj in masti (seminarsko delo). Univerza v Ljubljani, 2001; 5-25.
8. Pokorn D, Martinčič V. Olje in zdravje, Tovarna olja GEA, 1995, 3 – 21.

# Esencialne maščobne kisline

Cirila Hlastan Ribič, as. mag., univ. dipl. inž. živil. tehnol.

Inštitut za higieno, Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani, Zaloška c. 4, 1000 Ljubljana

**Izveček:** Organizem potrebuje esencialne večkrat nenasičene maščobne kisline za izgradnjo celičnih membran, mielinskih ovojníc živčnih celic in za sintezo tkivnih hormonov. Maščobne kisline iz omega 3 in omega 6 družin imajo pomembno vlogo v rasti in razvoju možganov, živčevja in retine, vplivajo na permeabilnost in fluidnost bioloških membran. Esencialne maščobne kisline so nujne za normalno delovanje imunskega sistema, zato njihovo pomanjkanje poveča možnosti okužbe in vnetne procese. Pomanjkanje linolne (18:2n-6) maščobne kisline se kaže v spremembah na koži (dermatitis), v motnjah v reprodukciji, v zmanjšani odpornosti in zmanjšani telesni rasti. Številne raziskave so pokazale, da je uživanje hrane, bogate z dolgoverižnimi omega 3 maščobnimi kislinami, dokozaheksaenojske (22:6n-3) in eikozapentaenojske (20:5n-3) maščobne kisline, povezano z znižanjem rizika za koronarne bolezni in obolevnosti za rakom.

*Ključne besede: esencialne maščobne kisline, eikozanoidi, ateroskleroza, rak, fetalni razvoj*

---

## Uvod

Esencialne maščobne kisline ali njihovi derivati so tisti, ki jih telo samo ne more sintetizirati, in jih moramo vnesti v organizem s hrano. Esencialne maščobne kisline delimo na tri velike skupine: omega 3, omega 6 in omega 9 maščobne kisline. Esencialni maščobni kislini sta linolna (18:2n-6) ali  $\alpha$ -linolenska (18:3n-3). Derivate esencialnih maščobnih kislin imenujemo pogojno esencialne maščobne kisline. To so arahidonska (20:4n-6), dokozaheksaenojska (22:6n-3; DHA) in eikozapentaenojska (20:5n-3; EPA) maščobna kislina. Linolna maščobna kislina in  $\alpha$ -linolenska maščobna kislina se lahko desaturirata in elongirata v jetrih z istim encimom  $\Delta 6$  desaturazo. Iz  $\alpha$ -linolenske maščobne kisline organizem sintetizira dokozaheksaenojsko maščobno kislino. Dokozaheksaenojska maščobna kislina je dolgoverižna polinenasičena maščobna kislina, ki se nahaja v mesu, ribah, v majhnih količinah pa v jajcih in mleku. Viri arahidonske maščobne kisline so različna olja, nastaja pa tudi v telesu iz linolne maščobne kisline. Iz linolenske maščobne kisline organizem sintetizira gama-linolensko maščobno kislino (1-3).

Razpredelnica 1: Kemijska in trivialna imena esencialnih maščobnih kislin

okrajšava	kemijsko ime	trivialno ime
18:1n-9	cis-9-oktadekaenojska kislina	oleinska kislina
18:2n-6	cis-9,12-oktadekadienojska kislina	linolna kislina
18:3n-3	cis-9,12,15-oktadekatrienojska kislina	$\alpha$ -linolenska kislina
18:3n-6	cis-9,12,12-oktadekatrienojska kislina	$\gamma$ -linolenska kislina
20:3n-6	cis-8,11,14-eikozatrienojska kislina	dihomo $\gamma$ -linolenska kislina
20:4n-6	cis-5,8,11,14-eikozatetraenojska kislina	arahidonska kislina
20:5n-3	cis-5,8,11,14,17-eikozapentaenojska kislina	EPA
22:6n-3	cis-4,7,10,13,16,19-dokozaheksaenojska kislina	DHA
22:1n-9	cis-13-dokozaenojska kislina	eruka kislina

### Vloga esencialnih maščobnih kislin

Maščobne kisline iz omega 3 in omega 6 družin imajo pomembno vlogo v rasti in razvoju možganov, živčevja in retine, vplivajo na permeabilnost in fluidnost bioloških membran, pomembno vlogo pa imajo kot prekursorji eikozanoidov pri strukturi celičnih membran (4). Številne raziskave so pokazale, da je uživanje hrane bogate z dolgoveričnimi omega 3 maščobnimi kislinami, dokozaheksaenojske in eikozapentaenojske maščobne kisline, povezan z znižanjem rizika za koronarne bolezni in za povečan krvni tlak ter obolevnosti za rakom. Esencialne maščobne kisline so nujne za normalno delovanje imunskega sistema, zato njihovo pomanjkanje poveča možnosti okužbe in vnetne procese (5).

### Znaki pomanjkanja esencialnih maščobnih kislin

Pomanjkanje esencialnih maščobnih kislin v prehrani se odraža na koži: dermatiza kože, povečana prepustnost za vodo, zmanjšana epitelna hipoplazija in povečana sekrecija lojnih žlez. Pomanjkanje linolne maščobne kisline se kaže v spremembah na koži (dermatitis), v motnjah v reprodukciji, v zmanjšani odpornosti in zmanjšani telesni rasti. V prehrani odraslega se redko pojavi pomanjkanje esencialnih maščobnih kislin, pri otrocih pa se lahko pojavi pri prehrani z zelo malo maščobami in lahko vodi do genetskih napak (Reye's sindrom in Prader-Willi sindrom). Biokemijski indeks za pomanjkanje esencialnih maščobnih kislin je povečanje eikozatrienojske kisline, ki nastane iz oleinske kisline (6, 7).

### Priporočeni dnevni vnosi esencialnih maščobnih kislin

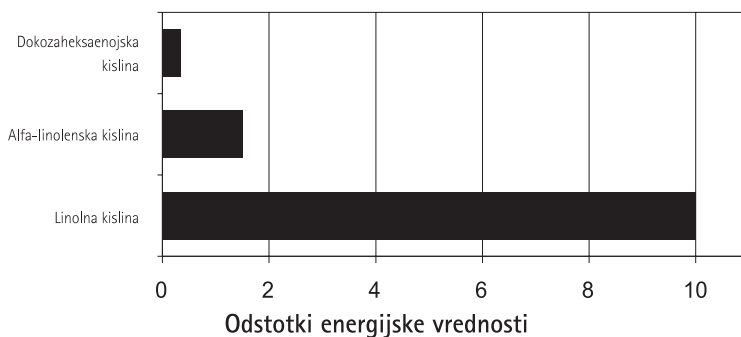
Priporočljiv energijski delež večkrat nenasičenih maščobnih kislin je od 3% do 7% in je osnovan glede na potrebe po esencialnih maščobnih kislinah (8). Prevelik vnos večkrat nenasičenih maščob (več kot 7%) pa povzroča povečano tvorbo škodljivih poroksidov maščob. Razmerje med omega 3 in omega 6 maščobnimi kislinami v prehrani naj bi bilo med 1:5 in 1:10.



Razpredelnica 2: Dnevne priporočene (zadostne) količine esencialnih maščobnih kislin, preračunane na celodnevni energijski vnos z 2000 kcal (*vir: Simopoulos AP, Leaf A, Salem NJ. Annals of Nutrition and Metabolism 1999; 43:127-130 (9)*)

maščobna kislina	količina (mg/dan)	% enerjske vrednosti
linolna kislina	4,44	2,0
fizično aktivne osebe	6,67	3,0
$\alpha$ -linolenska kislina	2,22	1,0
DHA in EPA	0,65	0,3
spodnja meja DHA	0,22	0,1
spodnja meja EPA	0,22	0,1

The British Nutrition Foundation (10) priporoča za dojenčke, otroke in odrasle minimalno 1% od skupnega vnosa energije linolne in minimalno 0,2% od skupne energije  $\alpha$ -linolenske maščobne kisline. Za dojenčke je minimalno priporočena količina  $\alpha$ -linolenske maščobne kisline 0,5% enerjskega vnosa. Priporočen dnevni vnos dokozahexaenojske maščobne kisline za nosečnice in doječe matere je 300 mg/dan.



**Slika 1:** Zadostne količine esencialnih maščobnih kislin (% enerjske vrednosti) za nadomestke za materino mleko (*vir: Simopoulos AP, Leaf A, Salem NJ. Annals of Nutrition and Metabolism 1999; 43:127-130 (9)*)

### Vpliv esencialnih maščobnih kislin na fetalni razvoj

Esencialne maščobne kisline imajo velik biološki pomen tako v prenatalnem obdobju kot tudi med nosečnostjo in v času dojenja (11). Dokozahexaenojska maščobna kislina in arahidonska maščobna kislina sta esencialni sestavini strukturnih lipidov možganov fetusa. Njihova oskrba in presnova imata velik pomen pri hitri rasti in diferenciaciji živčnega sistema fetusa v zadnji tretjini nosečnosti in med prvim letom življenja. Pomanjkanje esencialnih maščobnih kislin v zgodnjem obdobju razvoja ima lahko škodljive posledice za razvoj živčevja v kasnejšem obdobju (12). Nosečnost je povezana z manjšo količino dokozahexaenojske maščobne kisline in tudi

drugih polinenasičenih maščobnih kislin pri materi. Prehrana nosečnice ponavadi vsebuje večje količine linolne maščobne kisline. Večji vnos linolne maščobne kisline zmanjša sintezo dokozaheksaenojske maščobne kisline iz  $\alpha$ -linolenske maščobne kisline, ker obe esencialni maščobni kislini tekmujeta v telesu za enake encimske sisteme in jih linolna maščobna kislina bolj izrabljuje od  $\alpha$ -linolenske maščobne kisline. Manjša količina dokozaheksaenojske maščobne kisline v materinem telesu vpliva na manjšo količino te kisline pri plodu, kar pa se lahko kaže z nižjo porodno težo, manjšim obsegom glave in velikostjo novorojenčka (13).

### Vpliv vegetarijanske prehrane na količino esencialnih maščobnih kislin pri nosečnici in doječi materi

Esencialne maščobne kisline imajo pomembno vlogo pri razvoju strukturnih lipidov fetusa. Pri metabolizmu linolne maščobne kisline nastane arahidonska maščobna kislina, ki je pomembna komponenta celičnih membran in sodeluje pri sintezi prostaglandinov (14). Pomembna esencialna maščobna kislina je tudi  $\alpha$ -linolenska, predvsem pa njen metabolit dokozaheksaenojska maščobna kislina, ki je glavna komponenta fosfolipidov retine in možganov. Veganska in vegetarijanska prehrana vsebujeta večje količine linolne maščobne kisline in manjšo količino dokozaheksaenojske maščobne kisline kot mešana prehrana (15). Ugotovili so, da vegetarijanci zaužijejo manjši odstotek energije iz maščob (od 30% do 35%), toda manj nasičenih maščobnih kislin in več linolne maščobne kisline (16).

**Razpredelnica 3.** Odstotki energijskih vrednosti polinenasičenih maščobnih kislin v materinem mleku vegetarijank, nevegetarijank v primerjavi z mlečnimi formulami za dojenčke (*vir: Sanders TAB, Reddy S. J Pediatr 1992; 120:571-577 (15)*).

maščobne kisline	nevegetarijanke	strome vegetarijanke (vegans)	mlečne formule za dojenčke
linolna kislina	5,6	12,1	0,55
arahidonska kislina	0,18	0,16	0,04
$\alpha$ -linolenska kislina	0,25	0,69	0,24
dokozaheksaenojska kislina	0,19	0,07	0,007

Različen dietarni vnos posameznih maščobnih kislin se odraža v sami sestavi materinega mleka. Raziskave so pokazale, da vsebuje mleko mater, ki uživajo veganski način prehrane, znatno večje količine linolne maščobne kisline in manjše količine dokozaheksaenojske maščobne kisline. Priporočljivo je, da dojeni otroci mater vegetarijank uživajo dodatek dokozaheksaenojske maščobne kisline in  $\alpha$ -linolenske maščobne kisline. Študije na živalih dokazujejo, da razmerje med linolno maščobno kislino in  $\alpha$ -linolensko maščobno kislino v prehrani matere vpliva na količino dokozaheksaenojske maščobne kisline v lipidih možganov fetusa. Razmerje med linolno maščobno kislino in  $\alpha$ -linolensko maščobno kislino je manjše v mlečnih formulah, kar poveča sintezo dokozaheksaenojske maščobne kisline (18). Večji vnos linolne maščobne kisline zmanjša sintezo dokozaheksaenojske maščobne kisline iz  $\alpha$ -linolenske maščobne kisline. Raziskave so pokazale, da imajo dojenčki mater vegetarijank manjšo koncentracijo dokozaheksaenojske maščobne kisline in plazmi fosfolipidov in v lipidih možganov (19). Ni pa še ugotovljeno, ali

lahko nižje koncentracije dokozaheksaenojske maščobne kisline povzročijo fiziološke spremembe možganov in retine dojenčkov.

### **Tvorba eikozanoidov**

Omega 6 in omega 3 maščobne kisline so prekursorji eikozanoidov in imajo preko njih velik vpliv na presnovo. Eikozanoidi – tkivni hormoni so biološko visoko reaktivne snovi, ki so sestavljene iz 20 ogljikovih atomov in se sproščajo v zelo majhnih količinah ter hitro reagirajo v neposrednem okolju. Z zapletenim mehanizmom delovanja učinkujejo na agregacijo trombocitov, tonus krvnih žil in vnetne procese. Eikozanoidi nastajajo iz dihomo  $\alpha$ -linolenske maščobne kisline, iz arahidonske in eikozapentaenojske maščobne kisline (20). Iz vsake maščobne kisline nastane več vrst tkivnih hormonov prostaglandinov, tromboksanov, levkotrienov in lipoksinov, ki uravnavajo metabolizem holesterola in imajo specifično vlogo v rasti in razvoju možganov in retine. Sinteza eikozanoidov poteka s sodelovanjem istih encimov, ki pa imajo različno biološko vlogo, ki je odvisna od vnosa omega 6 in omega 3 maščobnih kislin. Aktivnosti različnih eikozanoidov so velikokrat antagonistične. Eikozanoidi, ki nastanejo iz arahidonske maščobne kisline, so najbolj aktivni in pospešujejo agregacijo trombocitov, zmanjšajo krvni tlak in stimulirajo imunski sistem (21).

### **Antikancerogeno delovanje esencialnih maščobnih kislin**

Uživanje maščob in njihova maščobno-kislinska sestava je povezana z obolevnostjo za rakom. Epidemiološke in predklinične študije so pokazale, da vnos omega 3 maščobnih kislin, predvsem dokozaheksaenojske maščobne kisline zmanjša tveganje za nastanek raka na debelem črevesju (22). Raziskave na živalih so pokazale, da je razmerje med omega 6 in omega 3 maščobnimi kislinami v korelaciji z nastankom raka. Povečan dietarni vnos maščobnih kislin iz omega 6 družine povečujejo tveganje za nastanek raka, večkrat nenasičene omega 3 maščobne kisline pa zavirajo rast tumorja (23).

### **Vpliv esencialnih maščobnih kislin na razvoj ateroskleroze in srčne aritmije**

Zmanjšanje koncentracije skupnega in LDL holesterola v plazmi in povečanje HDL holesterola v plazmi vodi k zmanjšanemu tveganju za aterosklerozo. Omega 6 večkrat nenasičene maščobne kisline nižajo koncentracijo serumskega holesterola, nimajo pa bistvenega vpliva na koncentracijo trigliceridov. Omega 3 maščobne kisline (eikozapentaenojska maščobna kislina in dokozaheksaenojska maščobna kislina) nižajo koncentracijo trigliceridov, manj pa koncentracijo serumskega holesterola (24). Večkrat nenasičene maščobne kisline, posebno iz omega 3 družine, imajo zaščitno vlogo pri srčni aritmiji. Raziskave kažejo, da  $\alpha$ -linolenska maščobna kislina deluje zaščitno proti srčnim aritmijam (25).

### **Esencialne maščobne kisline in prehrana**

V naravi je veliko bogatih in dobrih virov omega 6 in omega 9 maščobnih kislin. Vsebujejo jih različna rastlinska olja, olja iz oreškov, semen in zrn. Uživanje rib je pomemben vir omega 3 maščobnih kislin. Največ jih vsebujeta losos in postrv, pa tudi sardine, tuna in školjke. Bele ribe

vsebujejo manj omega 3 maščobnih kislin kot plave ribe. Omega 3 in omega 6 maščobne kisline se nahajajo tudi v lanenem semenu, lanenem olju in arašidovem olju. Laneno seme vsebuje 41% maščob in 70% od tega predstavljajo polinenasičene maščobne kisline, več kot polovica teh pa predstavlja  $\alpha$ -linolenska maščobna kislina (26).

## Zaključek

Esencialne maščobne kisline imajo pomembno vlogo v prehrani človeka, ki se odraža na njegovem zdravju. Pomembne so za zdrav razvoj zarodka in rast dojenčka, za razvoj možganov in retine. Zdrava prehrana naj bi bila sestavljena tako, da bi vsebovala uravnotežene količine esencialnih maščobnih kislin.

### Viri

1. Mann J, Truswell AS. Essentials in human nutrition. Oxford, Oxford University Press, 1998: 29-50.
2. Mann J. Dietary fats and prevention of cardiovascular disease. *BMJ* 2001; 323: 1000-1001.
3. De Antueno RJ, Knickle LC, Smith H, Elliot ML, Allen SJ, Nwaka S, Winther MD. Activity of human Delta 5 and Delta 6 desaturases on multiple n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids. *FEBS Letters* 2001; 509(1): 77-80.
4. Sardesai VM. The essential fatty acids. *Nutr Clin Pract* 1992; 7: 179-186.
5. Connor WE. Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *Am J Clin Nutr* 2000; 71: 171-175.
6. Holman RT. Control of polyunsaturated acids in tissue lipids. *J Am Coll Nutr* 1986; 5(2): 183-211.
7. Simopoulos AP. Omega -3 fatty acids in health and disease and growth and development. *Am J Clin Nutr* 1991; 54: 438-463.
8. World Health Organisation. Fats and oils in human nutrition. Report of a joint expert consultation. Rim, FAO food and nutrition paper 57. Food and agriculture Organization of the United Nations, 1994. 9-24.
9. Simopoulos AP, Leaf A, Salem NJ. Essentiality and recommended dietary intakes for omega 6 and omega 3 fatty acids. *Annals of Nutrition and Metabolism* 1999; 43: 127-130.
10. Unsaturated fatty acids: nutritional and physiological significance. Report of the British Nutrition Foundation's Task Force, London, Chapman & Hall 1992: 211.
11. Fidler N. Biološka razpoložljivost dokozaheksaenojske kisline pri doječih materah. Doktorska disertacija. Medicinska fakulteta, Ljubljana, 1999.
12. Connor WE. N-3 fatty acids from fish and fish oil: panacea or nostrum. *Am J Clin Nutr* 2001; 74: 415-416.
13. Uauy R, Mena P, Valenzuela A. Essential fatty acids as determinants of lipid requirements in infants, children and adults. *Eur J Clin Nutr* 1999; 53(1): S66-S77.
14. Dupont J. Essential fatty acids and prostaglandins. *Prev Med* 1987; 16(4): 485-492.
15. Sanders TAB, Reddy S. The influence of a vegetarian diet on the fatty acid composition of human milk and the essential fatty acid status of the infant. *J Pediatr* 1992; 120: S71-S77.
16. Abdulla M, Aly K-O, Andersson I et al. Nutrient intake and health status of lactovegetarians: chemical analyses of diets using the duplicate portion sampling technique. *Am J Clin Nutr* 1984; 40: 325-338.
17. Sklar R. Nutritional vitamin B<sub>12</sub> deficiency in a breast-fed infant of a vegan-diet mother. *Clinical Pediatrics* 1986; 25 (4): 219-221.
18. Sauerwald TU, Hachey DL, Jensen CL et al. Intermediates in endogenous synthesis of C22:6 $\omega$ 3 and C20:4 $\omega$ 6 by term and preterm infants. *Pediatr Res* 1997; 41:83-4187.
19. Reddy S, Sanders TAB, Obeid O. The influence of maternal vegetarian diet on essential fatty acid status of the newborn. *E J Clin Nutr* 1994; 48: 358-368.
20. Salobir K. Prehransko fiziološka funkcionalnost maščob. In: Žlender B, Gašperlin L. Eds. Funkcionalna hrana. 21. Bitenčevi živilski dnevi 2001. Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo, Ljubljana 2001: 121-135.
21. Gur MI. Fats. In: Human nutrition and dietetics. In: Garrow JS, James WPT, Ralph A. Eds. Edinburgh, Churchill Livingstone 2000: 97-120.

22. Narayanan BA, Narayanan NK, Reddy BS. Docosahexaenoic acid regulated genes and transcription factors inducing apoptosis in human colon cancer cells. *Int J Oncol* 2001; 19(6): 1255-1262.
23. Collett ED, Davidson LA, Fan YY, Lupton JR, Chapkin RS. N-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids differentially modulate oncogenic Ras activation in colonocytes. *Am J Physiol Cell Physiol* 2001; 280(5): C1066-C1075.
24. Holub BJ. Dietary fish oils containing eicosapentaenoic acid and the prevention of atherosclerosis and thrombosis. *Can Med Assoc J* 1988; 139: 377.
25. Kinsella JE, Liles B, Stone RA. Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids and amelioration of cardiovascular disease: possible mechanisms. *Am J Clin Nutr* 1990; 52: 1-28.
26. Kupnik D. Nenasičene maščobne kisline, fetalni razvoj in ateroskleroza. *Med razgl* 2001; 40: 307-312.



## MCT maščobe v prehrani bolnika

Tatjana Lainščak Banfi, univ. dipl. inž. živil. tehnol.

Schering AG, Podružnica za Slovenijo, 1000 Ljubljana

**Izveček:** MCT (*medium chain triglycerides* – srednjeveržni trigliceridi) maščobe so lahko prebavljive maščobe, sestavljene iz srednje dolgih maščobnih kislin iz 8 do 12 ogljikovih atomov, vezanih na glicerol (kapronska kislina, kaprilna kislina, kaprinska kislina, lavrinska kislina, miristinska kislina). MCT maščobe se v telesu hitro in lažje hidrolizirajo in absorbirajo kot dolgoveržni trigliceridi, zato jih lahko uporabljamo v prehrani bolnika z zmanjšano presnovo, absorpcijo ali izrabo maščob.

*Ključne besede: MCT maščobe, presnova, prehrana bolnika*

---

### Značilnosti MCT maščob

Nekaj znanih dejstev o maščobah (1):

- maščobe so življenjsko pomemben vir maščobnih kislin;
- za zdravje je pomembna količina in kakovost maščob;
- zaželeno so naslednje maščobe: maščobe z enkrat in večkrat nenasičenimi maščobnimi kislinami (rastlinska olja, ki vsebujejo omega 6 maščobne kisline, in meso plavih rib – omega 3 maščobne kisline ter seveda srednjeveržni trigliceridi). Kemijsko so trigliceridi maščobne kisline, vezane na molekulo glicerola.

MCT maščobe so sestavljene izključno iz srednje verižnih kislin z eno ogljikovo verigo, sestavljeno iz 8–12 ogljikovih atomov (kapronska cca. 2%, kaprilna cca. 50–80%, kaprinska cca. 20–50%, lavrinska cca. 3%, miristinska cca. 1%). Srednje verižne maščobne kisline se od dolgoveržnih razlikujejo po fizikalnih in kemijskih lastnostih (temperatura vrelišča in tališča, gostota, vonj). Zaradi teh razlik pa MCT maščoba dobi pomen v dietetski obravnavi različnih gastroenteroloških obolenj (2).

Glavne značilnosti 1:

- MCT maščobe se lažje, hitreje prebavljajo in absorbirajo kot maščobe v običajni hrani oz. kot običajne maščobe z našega jedilnika;
- 1 g MCT maščobe vsebuje cca. 8,3 kcal (34,8 kJ/ml oz. 8,3 kkal/ml);
- tekoča, trdna ali praškasta oblika;
- MCT maščoba je lipidna frakcija kokosovega olja;
- uporablja se kot običajna maščoba ali pa kot prehranski dodatek;
- v telesu se ne skladišči kot ostale maščobe, ampak se takoj porabi (*fatless fat* – nemastna maščoba).
- antibakterijsko delovanje MCT maščob – na samem začetku uporabe v hrani se lahko pojavijo motnje, saj se zmanjša število bakterij, ki sestavljajo običajno črevesno mikrofloro, vendar po

dveh do treh dneh oz. po času privajanja težave izginejo. Zaradi teh lastnosti naj poteka zamenjava običajnih maščob z MCT počasi, dnevno se priporoča 3–4 jedilne žličke, kasneje tudi več;

- MCT olje (ena izmed oblik MCT maščobe) je čisto kot voda, kar pomeni, da je svetlejšje kot običajna jedilna olja, ne smemo ga pregrevati (pri 120° C kaže znake dimljenja – nizka točka dimljenja), najboljšje ga je dodajati že pripravljanim jedem, rok uporabe 2 leti (3).

MCT maščobe v dietni prehrani se uporabljajo predvsem za nadomeščanje ali dopolnjevanje maščobnih kalorij pri bolnikih s slabim presnavljanjem, absorpcijo ali izrabo maščob v običajni hrani, lahko pa se uporabljajo pri velikih in hitrih naporih – športniki (4).

### **Presnova MCT maščob**

MCT maščobe se pod vplivom pankreas lipaze v lumnu tankega črevesja hitreje hidrolizirajo kot dolgoverižne. So lahko prebavljive maščobe, za resorbcijo MCT maščob ni nujno potrebna prisotnost žolčnih kislin oz. za prebavo potrebujejo manj encimov in žolčnih kislin kot običajne maščobe. Absorpcija je dobra tudi v primeru zmanjšane ali poškodovane površine črevesja. MCT maščobe se lahko preko enterocitov resorbirajo kot intaktne molekule in se na koncu hidrolizirajo v notranjosti celic. MCT maščobe se preko krvi vne porte transportirajo direktno v jetra in ne preko intestinalne limfne poti. Presnova MCT maščob je zelo podobna presnovi ogljikovih hidratov. Za razliko od ostalih maščob ne vstopa v limfni sistem, temveč s krvnim obtokom kroži po telesu in se takoj, ko se pojavi potreba po energiji, transportira direktno v jetra, kjer poteka njegova presnova (5).

### **Uporaba MCT maščob v prehrani bolnika**

V običajni vsakodnevni prehrani prevladujejo dolgoverižni trigliceridi (16–18 C atomov). Kadar se pojavijo gastrointestinalne težave oziroma bolezni gastrointestinalnega trakta, pa zaradi zgoraj naštetih prednosti običajno olje delno ali v celoti zamenjamo z MCT maščobami.

Te težave so najpogostejše pri naslednjih stanjih (6): malabsorpcija oziroma resorpcijska insuficienca, maldigestija oziroma prebavna insuficienca, diareja, regionalni enteritis (M. Crohn), cistična fibroza, epilepsija – ketogena dieta. Uporaba je priporočljiva pri vseh podobnih stanjih.

Vnos MCT maščobe v ustrezno dieto se izračuna glede na posameznega pacienta, vendar vnos ne sme biti višji kot 50g /dan pri 2000 kcal/dan. Potrebno je individualno svetovanje nutricionista (7).

MCT maščobe so sestavine enteralnih pripravkov, prilagojenih za prehrano bolnikov s posebnimi potrebami. Enteralni pripravki so hidrolizirani tako, da je mogoča takojšnja absorpcija natančno definiranih hranil kot edina oblika prehrane ali kot dopolnilo k prehrani. Kontraindicirana je uporaba pri diabetikih in pri bolnikih z okvaro jeter (8, 9).



Viri

1. Babayan VK. MCT and structure lipid. *Lipids* 1987; 22(6): 417.
2. Trager W. MCT oil in Dietetik. *Ernahrung Umschau* 1998; 40: 3-5.
3. Schweitzer A, Schmidt-Wilcke H.A. Verdauung und Resorption lang und mittelkettiger Triglyzeride. *Ernahrung Umschau* 1999; 10: 405.
4. Schizas AA et al. MCT: Use in food preparation. *J. Amer.Diet.Assoc* 1976; 3: 228-263.
5. Mega Max podjetje, Nemčija, 1999, propagandni material
6. Bristol Myers Squibb podjetje, USA, 2000, propagandni material Mead Johnson enteral Nutritionals in članki
7. Gracey M., Burke V, Anderson C. Assessment of MCT feeding in infants with Cystic Fibrosis. *Arch.Dis. Childh* 1998; 44(20): 201.
8. Mahan K, Escott-Stump S. MCT oil. In: *Food, Nutrition and Diet Therapy* 9 th edition. In: Krause S. Eds. USA 1996:1194-1619.
9. Geliebter A. et al. Overfeeding with MCT diet results in diminished deposition of fat. *Amer.J.Clin.Nutr.* 1983; 37(1): 1.



# Pomen maščob pri regulaciji dnevne prehrane

Dražigost Pokorn, prof. dr., dr. med.

Inštitut za higieno, Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani, Zaloška c. 4, 1000 Ljubljana

**Izvleček:** Maščobe v dnevnem obroku hrane lahko povečajo količino zaužite energije in so lahko zato pomemben dejavnik tveganja pri nastanku debelosti in drugih posledic. Če maščobe nadomestimo z ogljikovimi hidrati enake energijske vrednosti, se lahko poveča nasitna vrednost zaužitega obroka hrane s posledično manjšo količino zaužite dnevne prehrane. Manjša energijska gostota hrane, ki gre na račun večjega razmerja med sadjem in zelenjavo ter maščobami v dnevni obrokih hrane, ima lahko ugoden vpliv na regulacijo zaužite hrane v dnevni prehrani.

*Ključne besede: maščobe, regulacija hranjenja, energijska gostota obrokov, nasitljivost*

---

## Uvod

Prehrabeno vedenje človeka zavisi od kombinacije fizioloških, psiholoških in socialnih ter kulturnih dejavnikov, ki bolj ali manj skupno vplivajo na izbiro, začetek in trajanje uživanja hrane, količino zaužite hrane ter na število dnevni obrokov hrane.

Človek običajno nima točne kontrole nad uživanjem hrane zaradi vpliva zunanjih, predvsem socialnih dejavnikov ali naučenih vzorcev prehrane, ki vplivajo predvsem na čas in količino zaužite hrane (1).

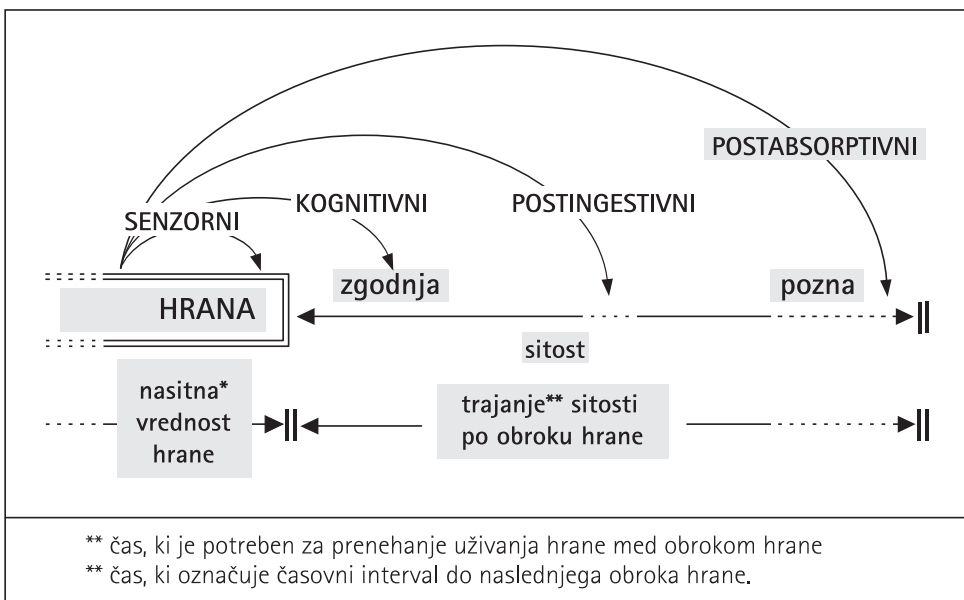
Castro s sodelavci (2–7) je ugotovil, da na nasitno vrednost zaužitega obroka hrane ne vpliva samo hranilni sestav obroka hrane, temveč tudi različni psihosocialni in drugi vzroki. Jutranji obrok hrane manj nasiti v primerjavi z večernim obrokom hrane povsem enake energijske in hranilne sestave.

Obrok hrane, ki so ga ljudje zaužili v navzočnosti drugih ljudi, je bil za okoli 44% večji kot če so ga uživali sami. Večje število ljudi sorazmerno poveča količino zaužite hrane. Navzočnost drugih oseb pri uživanju hrane sprošča ljudi, zato pojedjo več hrane, lahko pa jim tudi preusmeri pozornost od uživanja hrane. Čim bolj se ljudje poznajo, tem večja je njihova sprostitev. Vzrok za večjo količino zaužite hrane je lahko tudi povezan z daljšim časom uživanja hrane (8, 9). Uživanje hrane v mirnem okolju, brez prisotnosti drugih ljudi, bi lahko bilo tudi bolj zdravo, ker ljudje zaužijejo manj energije in maščob. Če človek uživa hrano sam, odpadejo socialni dejavniki okolja, oziroma pride do izraza bolj fiziološka regulacija prehrane.

Na uživanje hrane vpliva tudi pestra ponudba hrane. Količina zaužite hrane, ki jo merimo med obrokom hrane ali v okviru celodnevnega jedilnika, zavisi od »senzorične specifične sitosti«, ki je večja pri enolični prehrani in manjša pri pestri prehrani. Količina zaužite hrane je lahko že ob sami zamenjavi živil v obroku hrane lahko povsem različna (10,11).

Po zaužitju predjedi starejši ljudje lahko zaužijejo več hrane v primerjavi z mlajšimi osebami, ker imajo manjšo sposobnost, da bi zaužili sorazmerno manj glede na predhodno zaužito hrano (12). Telesna aktivnost pa ne vpliva na večjo količino zaužite hrane (13).

Pri kratkoročni regulaciji hranjenja v okviru dnevnega jedilnika je predvsem pomembna nasitljivost zaužite hrane, ki se povečuje med uživanjem hrane do končanja obroka hrane, in trajanje sitosti po obroku. Na to vplivajo senzorni, kognitivni (zaznavni), postingestivni in postabsorptivni dražljaji (Slika 1).



**Slika 1.** Senzorni, kognitivni, postingestivni in postabsorptivni dražljaji, ki vplivajo na pojav sitosti (vir: Blundell J in sod. *Am J Clin Nutr* 1994;59:728S-34S).

Povprečna količina zaužite energije za kosilo in večerjo pol tretjo uro po intravenozni infuziji fiziološke, maščobne ali ogljikohidratne raztopine pri poskusnih osebah je bila enaka. Količina zaužite hrane za kosilo ali večerjo po vbrizganju maščob in ogljikovih hidratov v želodec 30 minut pred obrokom hrane pa je bila manjša za energijsko količino vbrizgane hrane v želodec. Poskus kaže, da ima pri končanju uživanja hrane in trajanju sitosti po zaužitju obroka vloga predvsem hrana, ki pride v stik z zgornjim delom prebavil, ne pa absorbirana hranila v krvi (14, 15).

### Energijska gostota hrane

Spontani začetek uživanja hrane dejansko zavisi od »preprandialnega« vzorca uživanja hrane. Količina zaužite hrane zavisi od časa zadnjega obroka hrane oziroma od količine preostale želodčne vsebine pred začetkom drugega obroka hrane. Čim večja je količina preostale želodčne

vsebine ali čim krajši je čas od zadnjega obroka hrane, tem manjša je količina zaužite hrane. Energijska vrednost preostale želodčne vsebine ima pomemben vpliv na začetek hranjenja in količino zaužite hrane, z izjemo beljakovin, ki neodvisno od energijske vrednosti obroka hrane zavirajo tek. Večji delež beljakovin na račun maščob v obroku hrane v primerjavi s kalorično enakim obrokom hrane bolj zniža količino zaužite hrane med obrokom hrane (16, 17).

Različen občutek lakote pred obrokom hrane vpliva na vrsto in količino zaužite hrane ter na čas prenehanja uživanja hrane. Subjektivni občutek lakote pa lahko pomembno vpliva pri povezavi med polnjenjem želodca in prenehanjem uživanja hrane.

Ker imajo maščobe zelo visoko energijsko vrednost v primerjavi z beljakovinami in ogljikovimi hidrati, lahko z zamenjavo ogljikovih hidratov ali beljakovin z maščobami povečamo energijsko gostoto obroka hrane.

Vnos hrane, prav tako pa tudi dokončanje uživanja hrane in trajanje sitosti po zaužitju hrane zavisi v večji meri tudi od raztegnitve želodca in praznjenja želodčne vsebine v tanko črevo oziroma dražljajev hrane, ki izhajajo iz ust, požiralnika, želodca in tankega črevesja. Zlasti izpraznjena želodčna vsebina v tanko črevo s pomočjo prebavljene ali delno prebavljene hrane vzdraži receptorje v sluznici črevesja (maščobe, aminokisliline, kislja želodčna vsebina, visoka ozmolarnost hrane), ki s pomočjo izločenih hormonov ali po živčni poti zavrejo praznjenje želodca, ki ob istočasnem uživanju hrane hitreje raztegne želodec, kar upočasni in kasneje tudi zavre uživanje hrane. Verjetno pa imajo pri tem vlogo tudi dražljaji iz ust, želodca in iz črevesja, ki neposredno po živčnem ali hormonskem mehanizmu zavrejo tek po hrani z draženjem možganskega centra, ki regulira uživanje hrane (18).

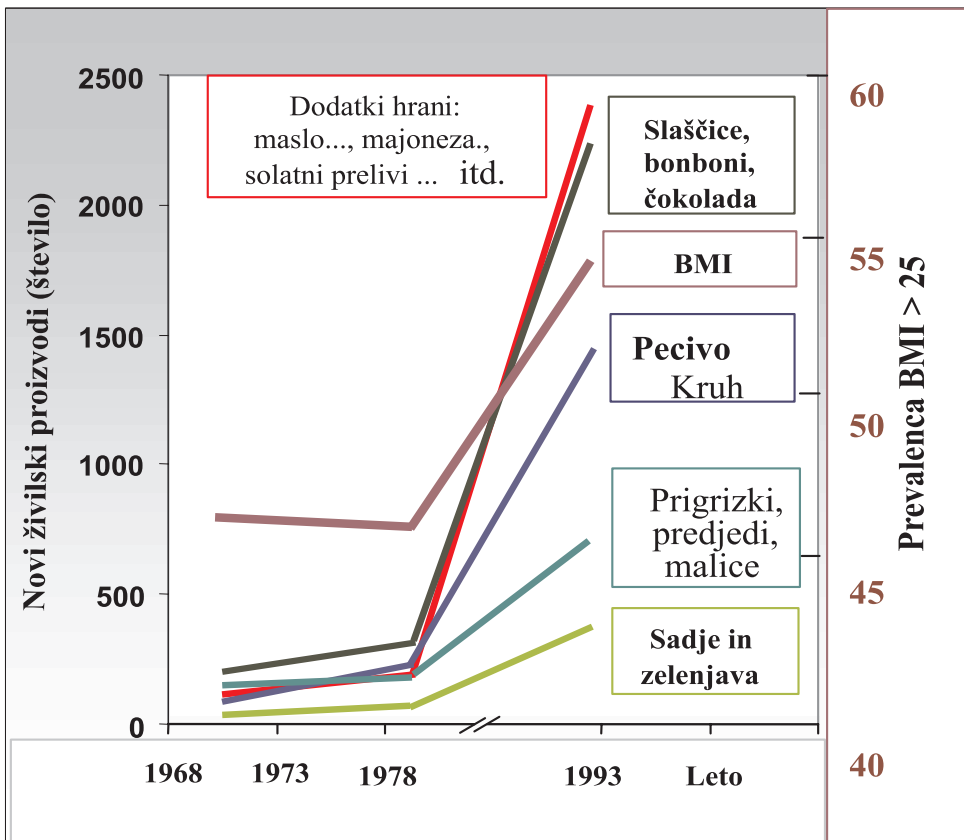
Izpraznjena želodčna vsebina, mešanica beljakovin, maščob, ogljikovih hidratov, vlaknin, sline in želodčnega soka v tanko črevo upočasni praznjenje želodca, podaljša čas polnosti želodca in poveča nasitno vrednost zaužite hrane. Obseg zaužitega obroka hrane nima vpliva na hitrost praznjenja želodca, lahko pa vpliva samo na trajanje izpraznitve želodca in nasitno vrednost. Izpraznjena želodčna vsebina je manjša, s tem pa tudi trajanje sitosti, z večjo koncentracijo hranilnih snovi. Želodčna vsebina pa se tudi počasneje prazni, če hrano uživamo počasi, kot pa če hrano na hitro pojemo ali celo hitro vbrizgamo v želodec. Energijsko gosta hrana ima manjšo nasitno vrednost na energijsko enoto v primerjavi z energijsko redko hrano. Prav zaradi tega pojemo več hrane, če je energijsko gosta, oziroma vsebuje veliko maščob in sladkorjev in malo sadja in zelenjave (17-19).

Ker imajo maščobe visoko energijsko gostoto, je mastna hrana manj nasitljiva (maščobni paradoks), zato je pojemo več (pasivno povečanje zaužite hrane). Več pa je pojemo tudi zato, ker je mastna hrana tudi okusna - aktivno povečanje zaužite hrane (17).

McCrary s sod. (19) je postavil hipotezo, da je naraščanje debelosti v razvitem svetu lahko tudi posledica vedno večje ponudbe energijsko goste hrane, katere potrošnja hitreje narašča kot pa potrošnja energijsko redke hrane (Slika 2).

V okolju z večjo in pestro ponudbo sadja in zelenjave pa je prevalenca debelosti zelo nizka. Povečan delež maščob v dnevni prehrani ob kontroliranih pogojih in z visokim deležem sadja in zelenjave, ki vzdržuje nizko energijsko gostoto hrane, pa ne kaže povezanosti z nastankom debelosti.

Omejevanje maščob v dnevni prehrani ima pri vzdrževanju telesne teže ali hujšanju pred sorazmernim povečanjem ogljikovih hidratov tudi ta pomen, ker je izkoristek energije iz maščob manjši v primerjavi z ogljikovimi hidrati, pri kopičenju maščob v maščevje, po zaužitju kalorično bogate hrane (20, 21; tabela 1).



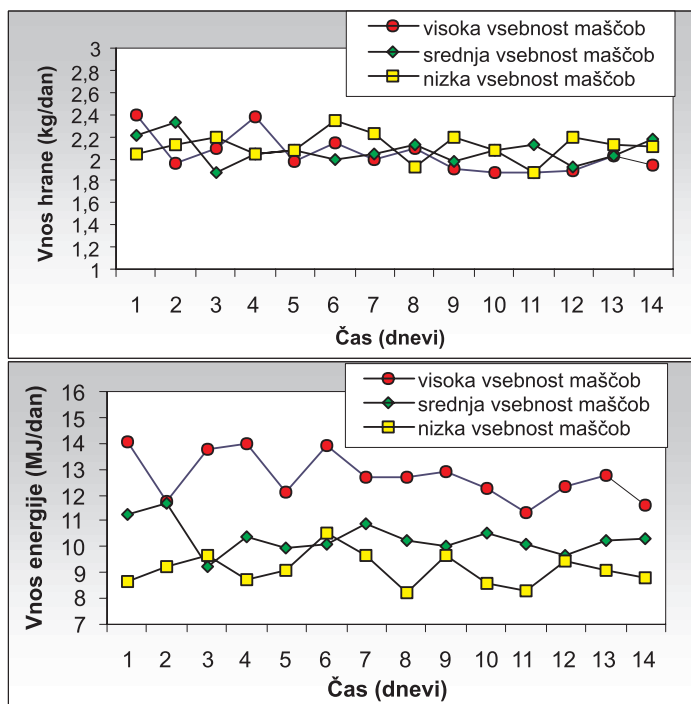
Slika 2. Število živil v ameriških prehrabnih trgovinah (vir: Mc Crory MA et al. Am J Clin Nutr 1999;69:440-7 (19))

**Razpredelnica 1.** Izkoristek energije pri uskladičenju hranil (vir: Prentice AM. *Am J Clin Nutr* 1998;67:535S (21))

dietno hranilo	uskladiščeno hranilo	izkoristek	izguba
ogljikovi hidrati	maščobe	0,80	0,20
beljakovine	maščobe	0,66	0,34
maščobe	maščobe	0,96	0,04
ogljikovi hidrati	glikogen	0,95	0,05
beljakovine	beljakovine	0,86	0,14
alkohol	-	0,00	1,00

1 g maščob = 39 kJ, 1 g ogljikovih hidratov = 17 kJ, 1 g alkohola = 30 kJ, 1 g beljakovin = 17 kJ

Povprečni dnevni vnos hrane z veliko, srednjo in malo količino energijske vrednosti maščob je po količini zaužite hrane pri poskusnih osebah lahko zelo podoben, večji energijski vnos hrane pa opazimo pri obrokih z večjo količino maščob (17, slika 3).



**Slika 3.** Povprečni dnevni vnos hrane in energije (vir: Stubbs RJ in sod. *Am J Clin Nutr* 1995;62:316-29 (17)).

Energijsko bogat zajtrk je znižal količino zaužite hrane za malico 2 uri po zajtrku. Beljakovinsko bogatejši zajtrk pa je zavrl tek pri malici bolj kot pa zajtrka bogata z maščobami ali ogljikohidrati (14,16).

Zajtrk z veliko količino maščob je povzročil večjo lakoto in tudi večjo količino zaužite hrane po 4 urah, za kosilo, v primerjavi z ogljikohidratnim zajtrkom.

Poskusnim osebam so dali 30, 90 in 180 minut pred kosilom »predjed«, jogurt z različno količino maščob ali ogljikovih hidratov, in nato izmerili količino zaužitega kosila. Količina zaužite hrane za kosilo se je povečala glede na daljši časovni razmak, tako pri moških kot pri ženskah. Obrok hrane z večjo količino maščob (jogurt) za predjed je po 30 in 90 minutah povečal količino zaužitega kosila, v primerjavi z ogljikohidratno predjedjo. Te razlike pa niso opazili po 180 minutah pri moških preiskovancih.

## **Zaključek**

Če maščobe nadomestimo z ogljikovimi hidrati enake energijske vrednosti, se lahko poveča nasitna vrednost zaužitega obroka hrane s posledično manjšo količino zaužite dnevne prehrane.

Manjša energijska gostota hrane, ki gre na račun večjega razmerja med sadjem in zelenjavo ter maščobami v dnevni obrokih hrane, ima lahko ugoden vpliv na regulacijo zaužite hrane in telesne teže.

Maščobe v dnevni obroki hrane lahko povečajo količino zaužite energije in so lahko zato pomembni dejavnik tveganja pri nastanku debelosti in drugih posledic. Revščina je povezana z večjim tveganjem za nastanek debelosti. Ljudje, ki imajo nizke mesečne dohodke, izbirajo cenejše oblike prehrane z veliko energije oziroma maščob. Sadje in zelenjava ima relativno zelo malo energije na utežno enoto, zato revne družine kupujejo poceni energijo iz izdelkov z veliko maščob: klobase, paštete, slanine itn, da zadostijo energijskim potrebam. Taka hrana je energijsko gosta, je dejavnik tveganja za nastanek debelosti, vsebuje pa tudi malo esencialnih hranil, vitaminov, mineralov, antioksidantov in drugih (22).

Vzroke za nastanek debelosti in drugih civilizacijskih bolezni, ki so povezane z uživanjem slabih in prevelikih količin maščob v dnevni prehrani, lahko zato iščemo v socialnih in ekonomskih dejavnikih: slabi informiranosti prebivalcev o zdravi prehrani in predvsem možnosti zdravega prehranjevanja prebivalcev (23).



Viri

1. Blundell J, Green S, Burley V. Carbohydrate and human appetite. *Am J Clin Nutr* 1994; 59: 728S-34S.
2. De Castro JM, de Castro ES. Spontaneous meal patterns of humans: influence of the presence of other people. *Am J Clin Nutr* 1989; 50: 237-47.
3. De Castro JM, McCormick J, Pedersen M, Kreitzman SN. Spontaneous Human Meal Patterns are Related to Preprndial Factors Regardless of Natural Environmental Constraints. *Physiol Behav* 1986; 38(1): 25-9.
4. De Castro JM, Elmore DK. Subjective Hunger Relationships With Meal Patterns in the Spontaneous Feeding Behavior of Humans: Evidence for a Causal Connection. *Physiol Behav* 1988; 43(2): 159-65.
5. De Castro JM. Circadian Rhythms of the Spontaneous Meal Pattern, Macronutrient Intake, and Mood of Humans. *Physiol Behav* 1987;40(4): 437-46.
6. De Castro JM. Macronutrient Relationships With Meal Patterns and Mood in the Spontaneous Feeding Behavior of Humans. *Physiol Behav* 1987; 39(5): 561-69.
7. De Castro JM. Meal Pattern Correlations: Facts and Artifacts. *Physiol Behav* 1975;15(1): 13-5.
8. McCrory MA, Fuss PJ, McCallum JE, Yao M et al. Dietary variety within food groups: association with energy intake and body fatness in men and women. *Am J Clin Nutr* 1999; 69: 44-7.
9. Milliman RE. The influence of background music on the behaviour of restaurant patrons. *Journal of Consumer Research* 1986; 13: 286-289.
10. Rolls BJ, Rolls ET, Rowe EA, Sweeney K. Sensory Specific Satiety in Man. *Physiol Behav* 1981; 27(1): 137-42.
11. Rolls BJ, Rowe EA, Rolls ET, Kingston BA et al. Variety in a Meal Enhances Food Intake in Man. *Physiol & Behav* 1981; 26(2): 215-21.
12. Rolls BA, Dimeo KA, Shide DJ. Age-related impairments in the regulations of food intake. *Am J Clin Nutr* 1995; 62: 923-31.
13. Bellisle F, Magnen J. The Structure of Meals in Humans: Eating and Drinking. Patterns in Lean and Obese Subjects. *Physiol Behav* 1981; 27(4): 649-58.
14. De Graaf C, Hulshof T, Westrate JA, Jas P. Short-term effect of different amounts of protein, fats, and carbohydrates on satiety. *Am J Clin Nutr* 1992; 55: 33-38.
15. Shide JD, Caballero B, Reidelberger R, Rolls JB. Accurate energy compensation for intragastric and oral nutrients in lean meals. *Am J Clin Nutr* 1995; 61: 754-64.
16. Rolls BJ, Hetherington M, Burley VJ. The specificity of satiety: the influence of food of different macronutrient content on the development of satiety. *Physiol & Behav* 1988; 43: 145-53.
17. Stubbs RJ, Harbron GC, Murgatroyd PR, Prentice AM. Covert manipulation of dietary fat and energy density: Effect on substrate flux and food intake in men eating. *Am J Clin Nutr* 1995; 62: 316-29.
18. Kelly KA. Gastric emptying of liquid and solid: roles of proximal and distal stomach. *Am J Physiol* 1980; 239: G71-6.
19. Mc Crory MA, Fuss PJ, McCallum JE, Yao M, Vinken AG, Hays AG, Robert BS. Dietary variety within food groups: association with energy intake and body fatness in men and women. *Am J Clin Nutr* 1999; 69: 440-7.
20. Prentice AM, Black AE, Murgatroyd PR, Goldberg GR, Coward WA. Metabolism or appetite question of energy balance with particular reference to obesity. *J Hum Nutr Diet* 1989;2:95-104. *Am J Clin Nutr* 1998; 67: 535.
21. Prentice AM. Manipulation of dietary fat and energy density and and subsequent effects on substrate flux and food intake. *Am J Clin Nutr* 1998; 67(suppl): 535S-41S.
22. Dowler E. Inequalities in diet and physical activity in Europe. *Public Health Nutrition* 2001; 4(2B): 701-9.
23. WHO. Draft Urban Food and Nutrition Action Plan. Prepared by the programme for Nutrition Policy, Infant Feeding and Food Security together with ETC in the Netherlands and WHO Centre for Urban Health 1999.