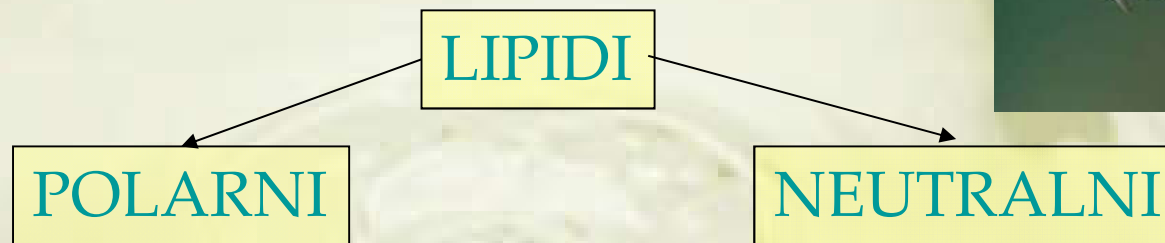


Utjecaj prehrambenih lipida na lipidni metabolizam riba

Valentina Pavić, Dalida Galović,
Ivan Bogut, Elizabeta Has-Schön

LIPIDI

- izvor metaboličke energije za rast
- izgradnja stanične membrane
- prijenos signala među stanicama



IZVOR ENERGIJE

- triacil-, diacil i monoacilgliceroli, steroli
- sterol esteri slobodnih masnih kis.
- esteri voska

SASTOJCI STANIČNE MEMBRANE

- glicerofosfolipidi
- gliceroglikolipidi i sfingolipidi

MASNE KISELINE

- stvaranje metaboličke energije u obliku ATP-a

ZASIĆENE

-nemaju dvostruke veze



Miristinska kis. C14:0
Palmitinska kis. C16:0
Stearinska kis. C18:0

NEZASIĆENE

-imaju dvostruke veze

Mononezasićene

1 = veza

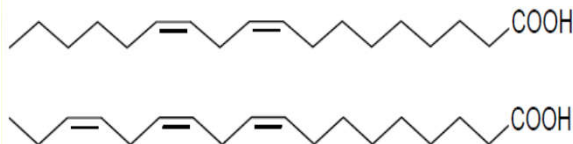
Oleinska kis. C18:1, ω -9
Palmitoleinska C16:1, ω -7



Polinezasićene

2 - 6 = veza

Linolna kis. C18:2, ω -6
Linolenska kis. C18:3, ω -3





ω -3 masne kis.
mineralne soli
vitamini B₁, B₂, B₆ i B₁₂



ω -6/ ω -3 (4:1)- homeostaza i normalan razvoj (Simopoulos, 2000)

"Eskimo faktor"
- niža učestalost
kardiovaskularnih bolesti



RAZINA PREHRAMBENIH LIPIDA



RAZINA LIPIDA U TRUPU RIBE

(Cowey, 1993)



RIBLJA HRANA = PROTEINI + LIPIDI
s malim količinama vitamina i minerala

PROTEINI

- najskuplja komponenta
- teži se postizanju minimalnih količina

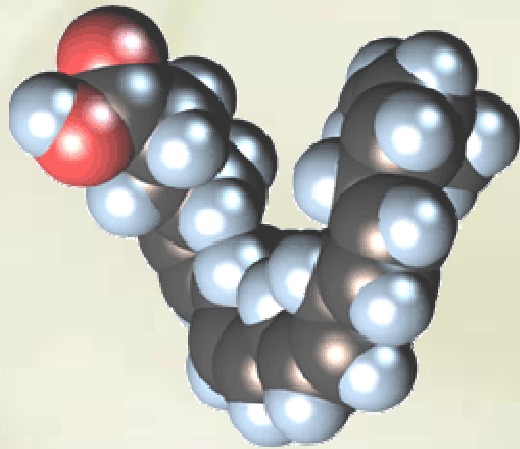
LIPIDI

- koncentrirani izvor energije
- opskrba esencijalnim masnim kis.
- efekt uštede proteina

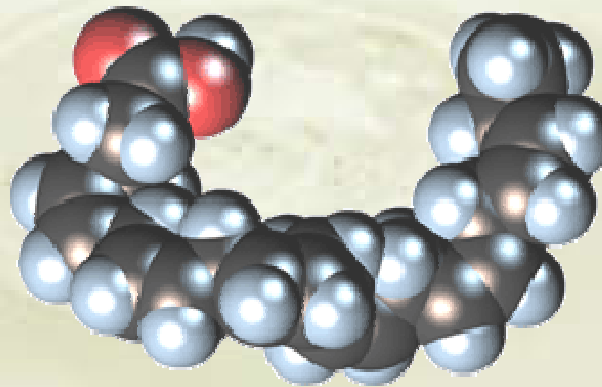
RIBLJE ULJE

niske razine ω -6 serije masnih kis.
visoke razine ω -3 serije masnih kis.

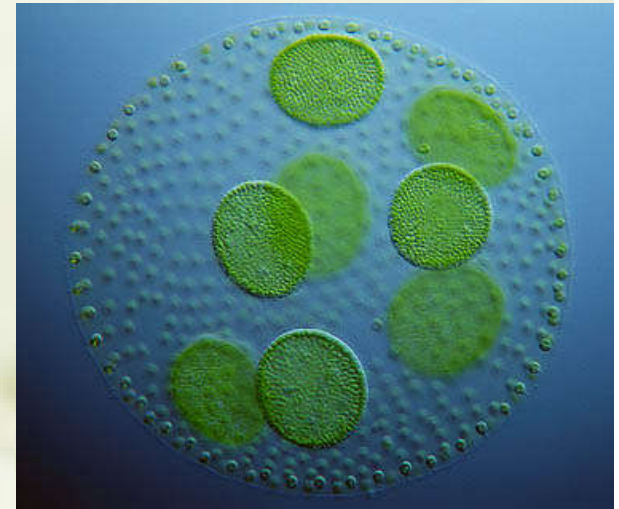
Eikozapentaenska kis., C20:5, ω -3
Dokozaheksaenska kis., C22:6, ω -3
mikroalge proizvode ω -3 kiseline



20:5



22:6



RIBLJA HRANA

A. izvor lipida BILJNA ULJA

- omjer ω -6/ ω -3 vrlo visok u korist ω -6 masnih kiselina
- riba mijenja omjer ugrađenih PUFA u korist ω -3 masnih kiselina

B. izvor lipida RIBLJE ULJE

- omjer ω -6/ ω -3 vrlo visok u korist ω -3 masnih kiselina
- malo je promjena u ω -6/ ω -3 omjeru ugrađenih lipida



dokaz o zahtjevu ribe za ω -3 PUFA

VISOKO-ENERGETSKA PREHRANA

smanjuje *de novo* sintezu masnih kiselina



promjena metabolizma masti i masnih kiselina



šaran iz prirodnih voda

Linolenska kis. 18:3 ω -3

EPA 20:5 ω -3

DHA 22:6 ω -3

šaran iz uzgoja

(prehrana bogata ugljikohidratima)

Oleinska kis. 18:1 ω -9

(Csengeri i Farkas, 1993)

šaran iz uzgoja

(prehrana sa 12% ribljeg ulja)

↑ EPA 20:5 ω -3

↑ DHA 22:6 ω -3

ω -3/ ω -6 2.4

↓ Oleinska kis. 18:1 ω -9

(Runge i sur., 1987)

šaran iz uzgoja

(prehrana sa suncokretovim uljem)

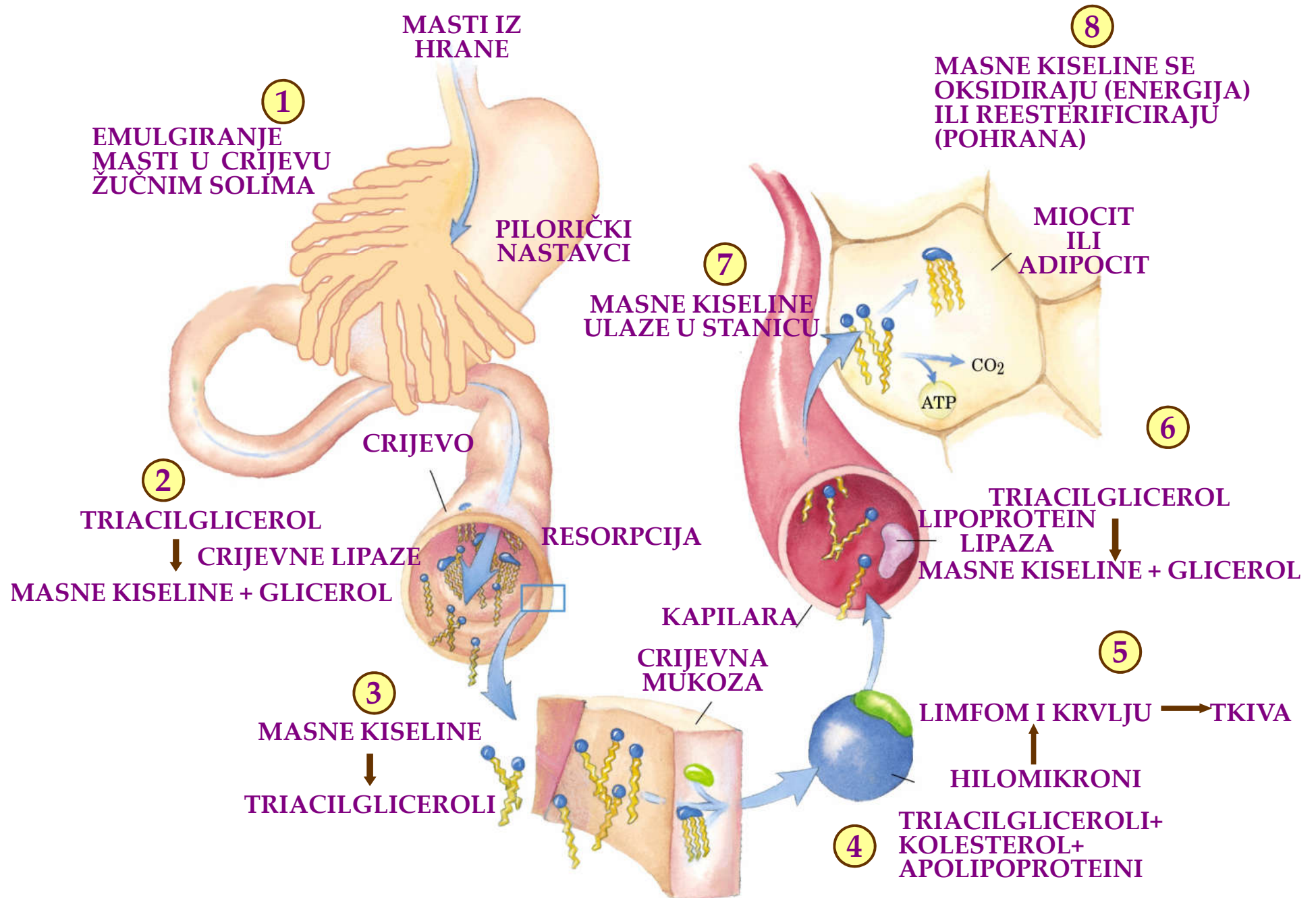
Linolenska kis. 18:3 ω -3

(prehrana sa repičinim uljem)

Oleinska kis. 18:1 ω -9

(Steffens, 1993)

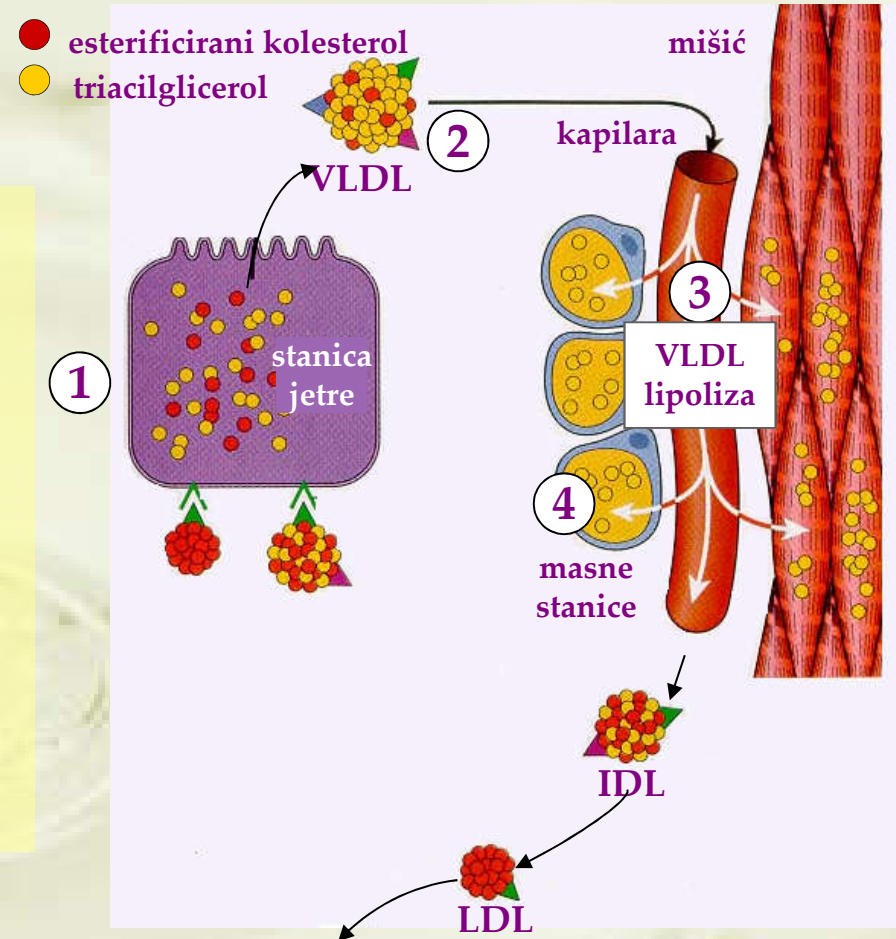
PROBAVA MASTI IZ HRANE



MASNE KISELINE SE ESTERIFICIRAJU U TRIACILGLICEROL

Triacilgliceroli iz jetre prenose se u obliku VLDL kompleksa

1. sinteza VLDL lipoproteinskog kompleksa u jetri
2. prijenos triacilglicerola krvotokom u kompleksu s VLDL
3. lipoliza triacilglicerola iz VLDL
4. pohrana masnih kiselina u obliku triacilglicerola u masnom tkivu



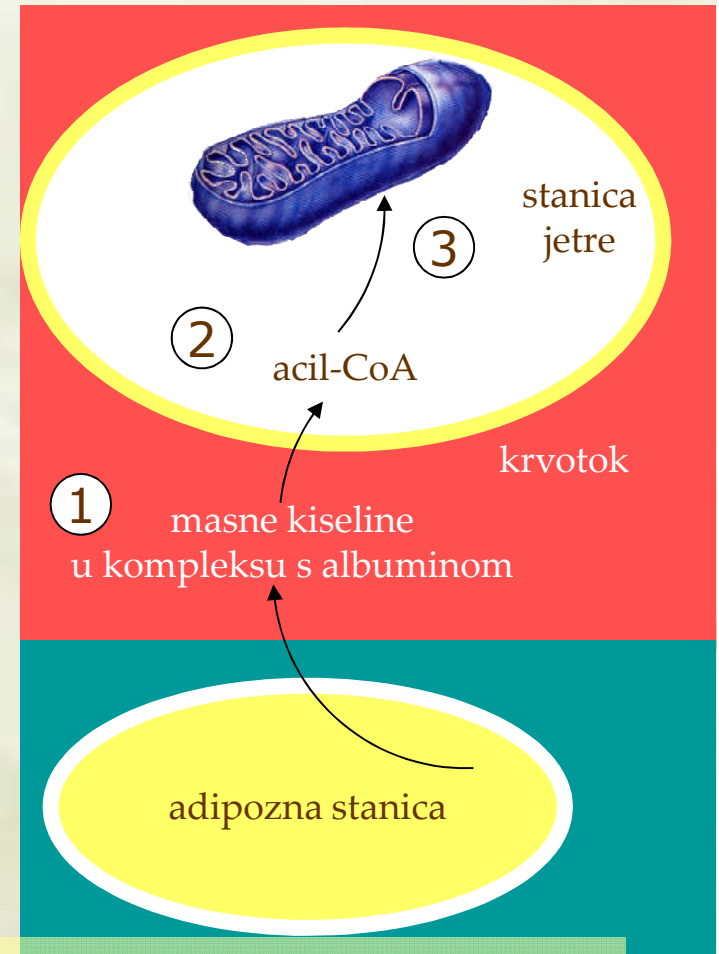
Masno tkivo - metabolički vrlo aktivno: uskladišteni trigliceridi se stalno hidroliziraju i nanovo sintetiziraju

PRIJENOS MASNIH KISELINA

1. krvotokom u kompleksu s albuminom (do stanica jetre i mišića)
2. AKTIVACIJA masne kiseline u citosolu- na vanjskoj mitohondrijskoj membrani
3. prijenos aktivirane acilne skupine iz citosola u matriks mitohondrija

acil-karnitin iz međumembranskog prostora u matriks mitohondrija

aktivacija masnih kis. u acil-CoA derivat - za prolaz kroz VANJSKU MEMBRANU MITOHONDRIJA
na unutarnjoj površini NUTARNJE MITOHONDRIJSKE MEMBRANE acil-CoA ulazi u proces β -oksidacije



RAZGRADNJA MASNIH KISELINA DO ACETIL CoA (β -OKSIDACIJA)- MITOHONDRIJ

β -oksidacija- postepeno odstranjivanje jedinica sa 2 C

peroksisomalna –TOPLINA
mitohondrijska- ATP

acetil-CoA se oksidira do CO_2 i H_2O
(preko CLK i oksidacijske fosforilacije),
a oslobođena energija se pohranjuje u obliku ATP

Produkti:

s parnim brojem C-at.: acetil-CoA

s neparnim brojem C-at.: acetil-CoA i propionil-CoA

OKSIDACIJA NA β -UGLJIKU

Svaki krug odvija se u 4 stupnja

1. OKSIDACIJA

(zasićenog u nezasićeni spoj,
oksidans: FAD)

2. HIDRACIJA

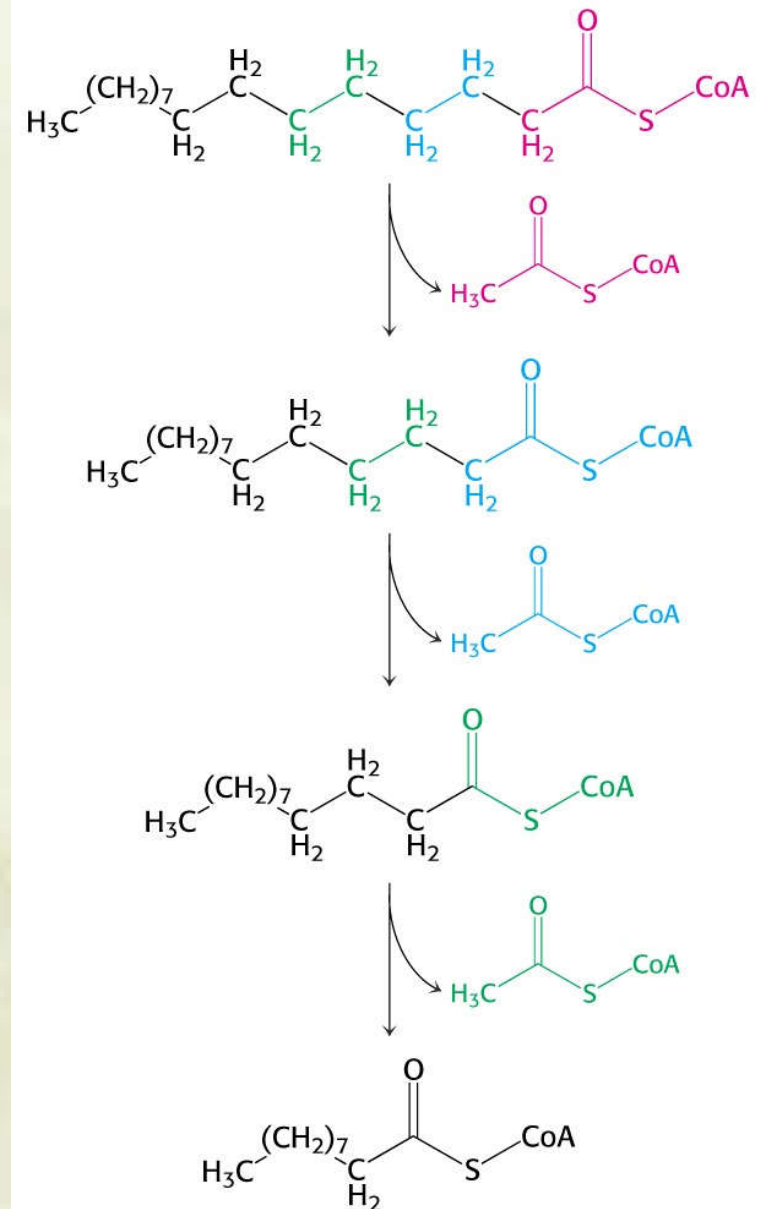
(adicija vode na dvostruku vezu)

3. OKSIDACIJA

(sekundarnog alkohola u keton,
oksidans: NAD^+)

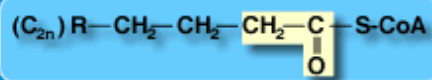
4. TIOLIZA

(cijepanje pomoću SH-skupine)

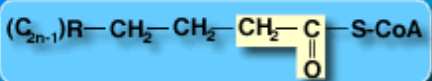


svaki krug: masna kiselina kraća za 2 C

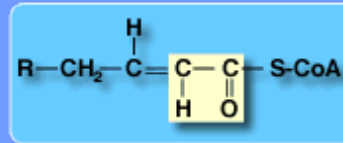
Masna kiselina s
parnim brojem C-atoma



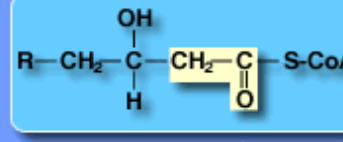
Masna kiselina s
neparnim brojem C-atoma



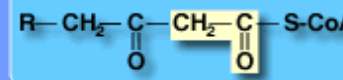
dehidrogenaza



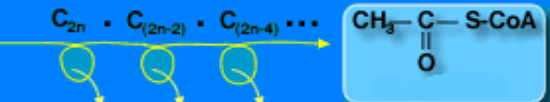
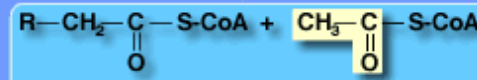
hidrataza



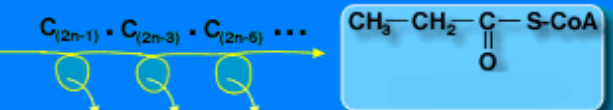
dehidrogenaza



tiolaza



acetil-CoA



acetil-CoA + propionil-CoA

BIOSINTEZA I BIORAZGRADNJA MASNIH KISELINA ODVIJAJU SE RAZLIČITIM PUTEVIMA I U ODVOJENIM STANIČNIM ODJELJCIMA

CITOSOL

CIKLUS ELONGACIJE

KONDENZACIJA

REDUKCIJA

DEHIDRACIJA

REDUKCIJA

SINTEZA MASNIH KISELINA

MATRIKS MITOHONDRIJA

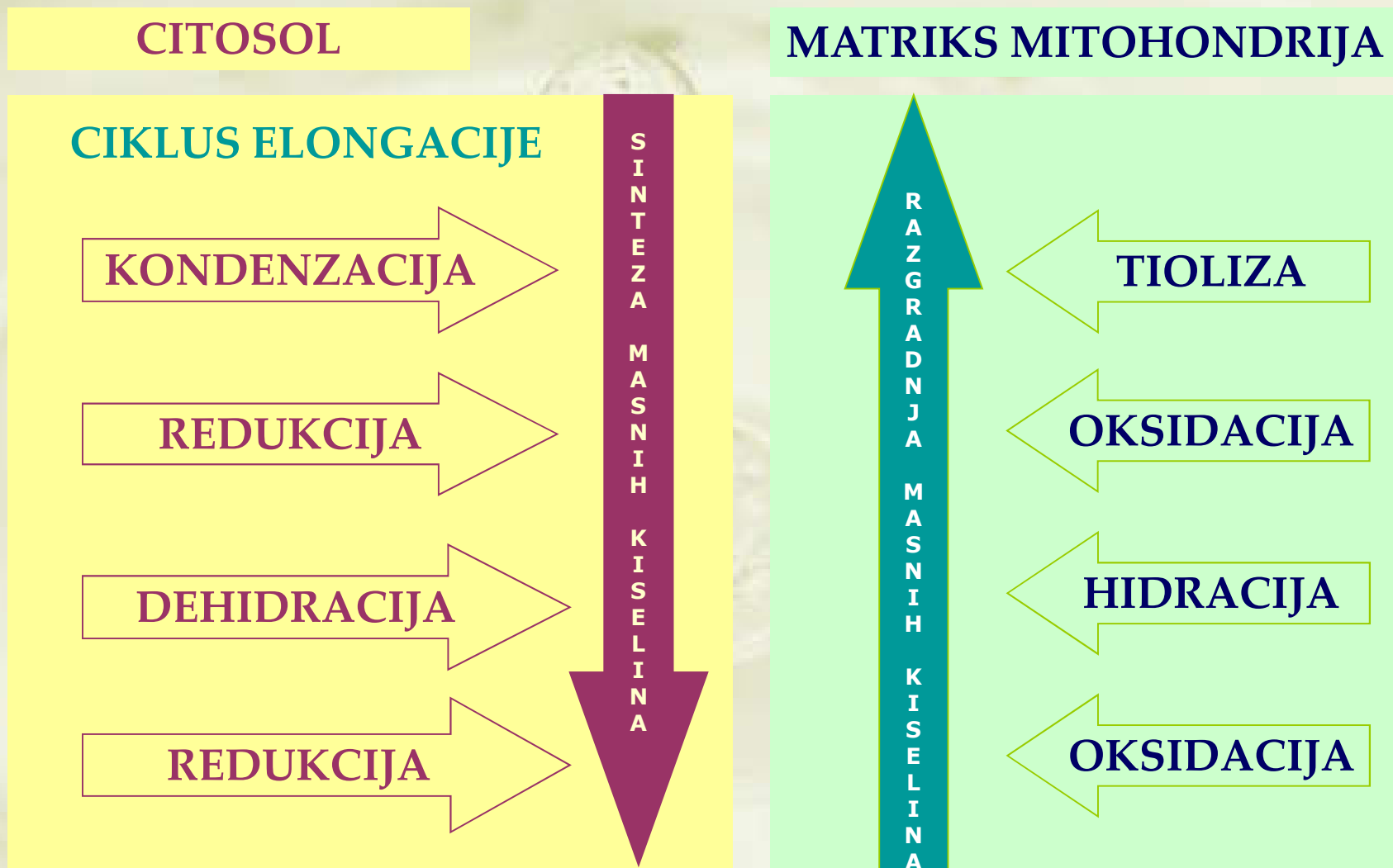
RAZGRADNJA MASNIH KISELINA

TIOLIZA

OKSIDACIJA

HIDRACIJA

OKSIDACIJA



BIOSINTEZA MASNIH KISELINA U RIBA- CITOSOL

biosinteza *de novo* uz citosolnu SINTETAZU MASNIH KIS.
(zasićene masne kis. 16:0 i 18:0)

ELONGACIJA I DESATURACIJA

- pretvorba prekursora u ω -3 ili ω -6 PUFA
- omjer ω -3/ ω -6 PUFA- normalan protok st. membrana

Regulacija sinteze masnih kiselina

kratkoročna

+ citrat

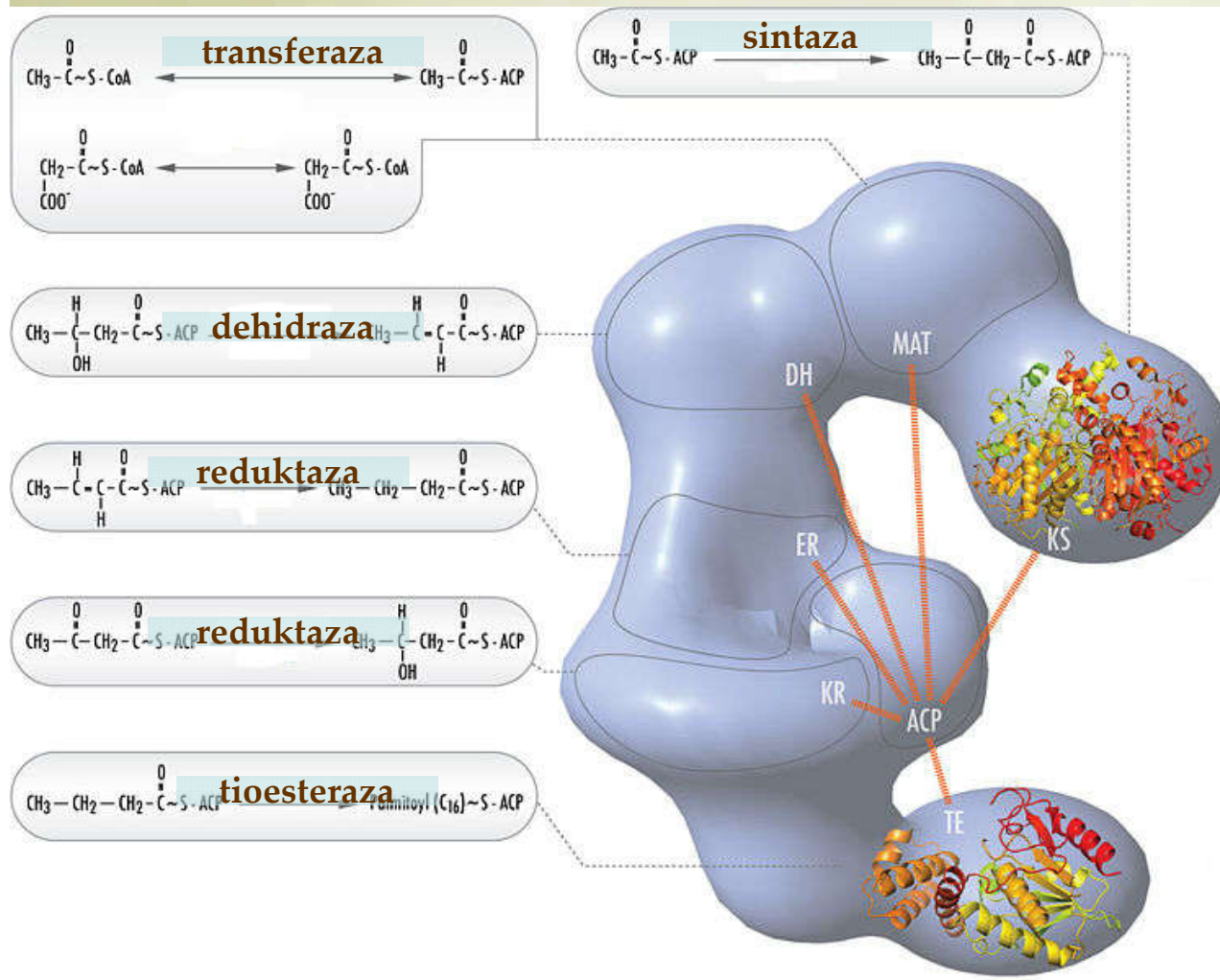
- palmitoil-CoA
- gladovanje

dugoročna

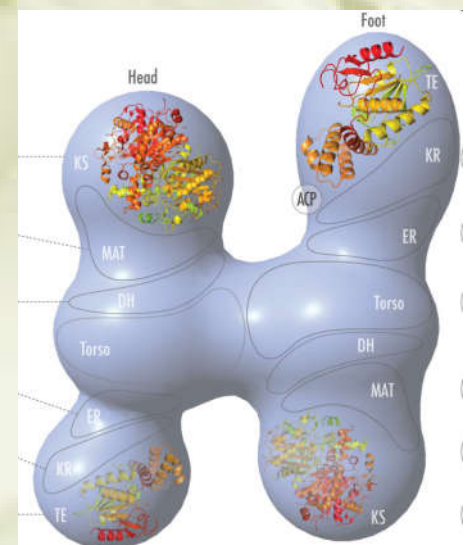
+ inzulin

- glukagon
- adrenalin

SINTETAZA MASNIH KISELINA - MULTIENZIMSKI KOMPLEKS



DIMERNI ENZIM

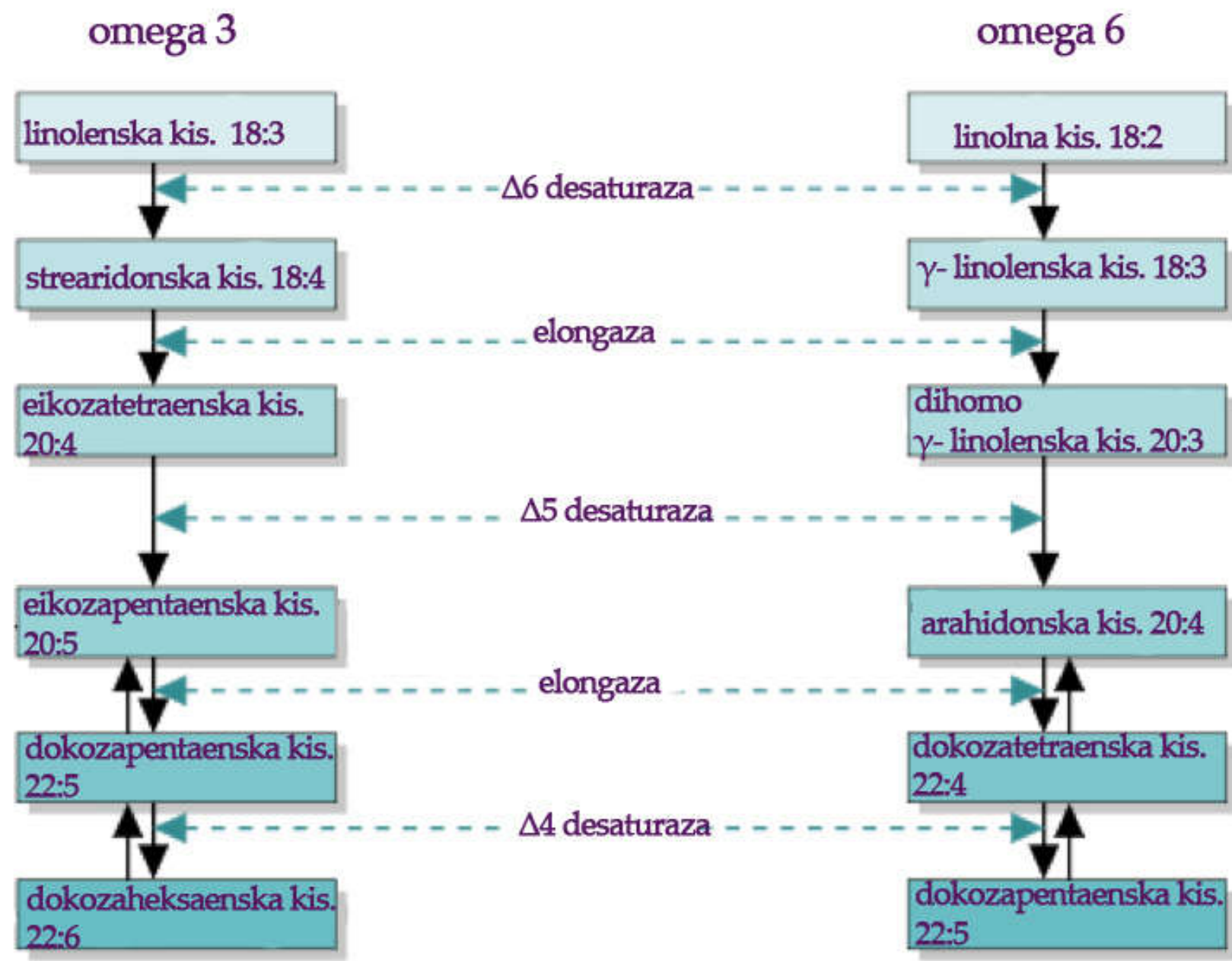


PRODULJENJE (ELONGACIJA) LANCA MASNIH KISELINA

- citoplazmatska strana membrane ER
- dodaje se C-2 jedinica za elongaciju acil-CoA
- uvođenje dvostrukih veza u acil-CoA
- katalizirane kompleksom na membrani vezanih enzima:
NADH citokrom b5 reduktazom, citokrom b5 i desaturazom

rastući lanac masne kiseline produžava se adicijom C-2 jedinica dobivenih iz acetil-CoA, zaustavlja se nastajem palmitata

Dugolančane i nezasićene masne kiseline sintetiziraju se iz
PALMITATA



POTREBE RIBA ZA ESENCIJALNIM MASNIM KIS.

slatkovodne 18:3 ω -3 i/ili 18:2 ω -6
morske 20:5 ω -3 i 22:6 ω -3

(Yone, 1978; Watanabe, 1982; Kanazawa, 1979)

KALIFORNIJSKA PASTRVA

EFA u prehrani
= ω -3 masne kis.
(1% 18:3 ω -3, 20:05 ω -3, 22:06 ω -3)

20:05 ω -3 + 22:06 ω -3



20:05 ω -3 ili 22:06 ω -3

ŠARAN

EFA u prehrani
= ω -3 + ω -6 masne kis.
(1% 18:2 n -6 i 1% 18:3 n -3)

0.5 % 20:5 ω -3 i 22:6 ω -3



1 % 18:3 ω -3

BILJNA ULJA

bogata C18 PUFA

bez C20 i C22- visoko nezasićenih masnih kiselina (HUFA) koje nalazimo u RIBLJEM ULJU

HRANA+ BILJNA ULJA



C18 PUFA



ω -3 HUFA

poboljšati pretvorbu C18 PUFA u HUFA

regulacija aktivnosti desaturaze temperaturom vode

(Tocher, 2004)

ZAKLJUČAK

definirati potrebe danih vrsta riba za EFA

osigurati dovoljne količine ISPRAVNIH EFA

postići optimalnu ravnotežu između ω -6 i ω -3
(kompetitivne interakcije - elongacije i desaturacije,
pretvaranje C18 u C20 i C22 PUFA)

Reference

- Cowey, C.B. Some effects of nutrition on flesh quality of cultured fish, *Fish Nutrition in Practice*, INRA, Paris (1993), pp. 227–236
- Csengeri, I., Farkas, T. Effects of essential fatty acid deficient diets on the carcass acids and membrane viscosity in the common carp. Proceedings of EIFAC Workshop on Methodology for Determination of Nutrient Requirements in Fish, 29 June–1 July 1993, Eichenau (1993)
- Kanazawa, A., Teshima, S.-I., Ono, K. Relationship between essential fatty acid requirements of aquatic animals and the capacity for bioconversion of linolenic acid to highly unsaturated fatty acids. *Comp. Biochem. Physiol.*, 63B (1979), pp. 295–298
- Runge, G., Steinhart, H., Schwarz, F.J., Kirchgeßner, M. Influence of different fats with varying addition of α -tocopheryl acetate on the fatty acid composition of carp (*Cyprinus carpio* L.), *Fat Sci. Technol.* **89** (1987), pp. 389–393
- Simopoulos, A. P. Human requirement for n-3 polyunsaturated fatty acids. *Poultry Sci* **79** (2000), pp. 961–970.
- Steffens, W. Energieanreicherung von Karpfenfutter durch Zusatz unterschiedlicher Öle Fischer Teichwirt, **44** (1993), pp. 74–77.

Tocher, D. R., Fonseca-Madrigal, J., Dick, J. R., Ng, W. Bell, J. G., Campbell, P. J. Effects of water temperature and diets containing palm oil on fatty acid desaturation and oxidation in hepatocytes and intestinal enterocytes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) *Comparative Biochemistry and Physiology Part B* 137 (2004) 49–63.

Watanabe, T. Lipid nutrition in fish. *Comp. Biochem. Physiol.*, 73B (1982), pp. 3–15.

Yone, Y., Fujii, M. Studies on nutrition of reared sea bream. XI. Effect of ω 3 fatty acid supplement in a corn oil diet on growth rate and feed efficiency. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 41 (1975), pp. 73–77.