

## POTREBE I VAŽNOST MASNIH KISELINA U HRANIDBI RIBA

I. Bogut, A. Opačak

### Sažetak

Prema potrebama za esencijalnim masnim kiselinama ribe se mogu svrstati u tri skupine.

Za ribe iz porodice *Salmonidae* (*Oncorhynchus kisutch*, *O. keta*, *O. nerka* i *O. tshawytscha*) esencijalna je 18 : 3 ω u količini od 1 %. Isti učinak glede prirasta i hranidbenog koeficijenta postiže se dodatkom VNMK (visokonezasićenih masnih kiselina) ω 3 reda u količini od 9,5 %. Zahtjevnija od ostalih riba za 20 : 5 ω 3 i 22 : 6 ω 3 jest kalifornijska pastrva (*Oncorhynchus mykiss*) čije potrebe iznose 1 %.

Za ribe iz porodice *Coregonidae* (*Coregonus lavaretus*, *C. peled* i *C. nasus*) esencijalna je 18:3 ω 3 u količini od 1 % ili kombinacija 20 : 5 ω 3 (0,25 %) i 22 : 6 ω 3 (0,25 %).

Toplovodne ribe iz porodice *Anguillidae* (*Anguilla anguilla* i *A. japonica*), *Cyprinidae* (*Cyprinus carpio*), *Ictaluridae* (*Ictalurus punctatus*) imaju potrebe za 18 : 2 ω 6 i 18 : 3 ω 3 u količini od 1 — 2 % ili VNMK 0,5 — 1 %.

Masne kiseline ω 6 reda (18 : 2 ω 6 ili 20 : 4 ω 6) bitne su za ribe iz porodice *Cichlidae* (*Tilapia zillii* i *Oreochromis niloticus*) u iznosu od 1 %.

Morske ribe *Rhombus maximus* i *Pagnus major* postižu najbolji prirast kada s hranom dobivaju VNMK ω 3 reda do 2 %.

Ranketljive masti, eruka-kiselina iz repičinog ulja, gosipol i cikloprope-noidna kiselina iz ulja sjemenki pamuka dodani u riblju hranu uzrokuju zaostajanje u porastu i patološke promjene na jetri, bubrezima, srcu i škragama riba.

*Ključne riječi:* slatkododne ribe, morske ribe, masne kiseline ω 3 i ω 6 reda, ranketljivost masti

## UVOD

Znanstveni razvoj hranidbe domaćih životinja počeo je u 19. stoljeću nakon otkrića glavnih sastojaka stočne hrane: ugljikohidrata, bjelančevina, masti i nekih minerala. Istodobno se uvode metode analitike stočne hrane i utvrđivanje njezine hranidbene vrijednosti. U ovome stoljeću dogodilo se otkriće vitamina, esencijalnih mikroelemenata, aminokiselina i masnih kiselina, a uvode se industrijska proizvodnja i kemizacija stočne hrane.

Dakle, znanstveni pristup hranidbi domaćih životinja datira otprije 200 godina. Za usporedbu, značajniji rezultati u hranidbi toplovodnih riba postignuti su tek prije četiri desetljeća.

Ribama su za normalni rast i razvoj potrebne iste hranjive tvari kao i homeotermnim životinjama, ali se potrebe razlikuju s obzirom na životne uvjete okoliša i specifičnosti metabolizma. Najznačajnija razlika između riba i toplokrvnih životinja jest u tome što ribe ne trebaju dodatnu energiju za održavanje stalne tjelesne temperature. Isto tako, ribe troše manje energije za sintezu tjelesnih bjelančevina, nego homeotermne životinje. One su manje zahtjevne za energijom i stoga što većinu dušičnih spojeva iz organizma izlučuju u obliku amonijaka, umjesto ureje.

Potrebe su ekonomski značajnih riba koje se uzgajaju u intenzivnim sustavima uzgoja za bjelančevinama (aminokiselinama), ugljikohidratima, vitaminima i makroelementima i mikroelementima utvrđene. Od godine 1972. do 1984. utvrđene su potrebe za većinu hladnovodnih, toplovodnih i morskih riba za mastima i esencijalnim masnim kiselinama.

No na osnovi dosadašnjih iskustava, u hranidbi riba u sustavima intenzivnog uzgoja u nas, utvrđeno je da se dovoljno ne poštuju potrebe za esencijalnim masnim kiselinama i njihovim prekursorima.

## MASTI I MASNE KISELINE

Masti su, zajedno sa spojevima sličnim mastima, svrstane u skupinu lipida. U prirodnom obliku nalaze se u biljnim i životinjskim tkivima. Lipidi se otapaju u organskim otapalima kao što su benzen, eter i kloroform. U vodenom mediju stvaraju koloidne i micelarne otopine (Karlson, 1989; Stryer, 1991).

Masti se u ribljem tijelu nalaze uglavnom u dva oblika čija je funkcija bitno različita: kao spremišna ili rezervna mast, koja tvori energijski element, i kao tkivna mast, koja služi kao građevni element. Osim navedenog, u krvi i limfi nalazi se i treći funkcionalni oblik, tzv. transportni oblik masti (Steffens, 1985).

S gledišta hranidbe riba, lipidi su jedini izvor esencijalnih masnih kiselina. Osim toga, oni utječu na teksturu i okus riblje hrane, te teksturu i okus ribljeg mesa. Lipidi su biološki nosači u mastima topljivih vitamina. Osim neutralnih masti, u stanicama ribljeg tijela nalaze se i druge vrste lipida koji su

zastupljeni u staničnoj membrani i stijenkama citoplazmatskih organela. Stoga su navedene membrane selektivno propusne za neke otopljene tvari.

Masne su kiseline fiziološki važne molekule jer ulaze u sustav fosfolipida i glikolipida i služe kao metabolično gorivo. U obliku triacilglicerola (neutralnih masti, triglicerida) skladište se u masnome tkivu, iz kojega se mogu mobilizirati hidrolitičkim djelovanjem lipaza koje su pod hormonalnom kontrolom. Aktivni oblik masnih kiselina jest acil-CoA. Masne se kiseline sintetiziraju u citosolu reakcijama različitim od puta beta-oksidacije.

Više od 40 različitih masnih kiselina poznate su kao prirodni sastojak. Obično imaju parni broj ugljikovih atoma, jer se sintetiziraju iz jedinica s dva C-atoma, a mogu biti zasićene i nezasićene. Lanac s jednom dvostrukom vezom jest mononezasićene masne kiseline. Masne kiseline s dvije ili više dvostrukih veza pripadaju polinezasićenim masnim kiselinama. Analizom ribljih masti utvrđena je prisutnost polinezasićenih masnih kiselina koje sadrže 20 — 22 C-atoma s 4, 5 i 6 dvostrukih veza (Gamigin, 1987).

Važno svojstvo masnih kiselina jest dužina njihova lanca. Masne kiseline kratkog niza jesu tekuće (ulja), dok one dugog lanca imaju višu točku topljenja (krute masti). Radi jednostavnijeg označavanja, masne kiseline obilježavaju se s pomoću dvaju brojeva razdvojenih dvotočkom. Prvi broj označuje C-atome, a drugi broj dvostrukih veza u molekuli. Oznaka  $\omega$  uz treću brojku označuje mjesto granične dvostruke veze u lancu (18 : 2  $\omega$  6).

## POTREBE RIBA ZA ESENCIJALNIM MASNIM KISELINAMA

Važnost pojedinih masnih kiselina u hranidbi životinja (štakora) prvi su uočili G. Burr i M. Burr (1929, 1930.). Istraživanja su provedena na štakorima koji su dobivali hranu bez masti. nakon kratka vremena uočena su: nekrotična oštećenja repova, slab razvoj epitelnoga tkiva, neredovita reprodukcija i laktacija, zaostajanje u porastu i visoka smrtnost. Navedeni su poremećaji otklonjeni kada su štakori u hrani dobivali čistu linolnu kiselinu (18 : 2  $\omega$  6). Arahidonska (20 : 4  $\omega$  6) i linolenska masna kiselina (18 : 3  $\omega$  3) bile su djelomično učinkovite u otklanjanju navedenih simptoma. Zasićene masne kiseline dodavane u hrani nisu imale nikakva utjecaja.

Nedostatak linolne masne kiseline u hrani slično se očituje i u peradi, uz pojavu potkožne hemoragije i slabe operjalosti (Church i Pond, 1976).

Početakom 60-ih godina, kada su se salmonidne ribe počele masovno uzgajati u intenzivnim uvjetima, opaženo je da ne mogu »de novo« u svom organizmu sintetizirati neke višestruko nezasićene masne kiseline, ako ih nisu primile u hrani.

Higashi et al. (1966.), Sinnhuber (1969.), Castell et al. (1972.), Watanabe et al. (1974, 1974a) nakon niza pokusa ustanovili su da linolenska masna kiselina za kalifornijske pastrve ima isto značenje kao i linolna za toplokrvne životinje. Nedostatak linolenske masne kiseline u hrani,

kojom su hranjene kalifornijske pastrve uzrokovao je: masnu degeneraciju jetre, miokarditis, smanjenu razinu hemoglobina u eritrocitima, izobličenje eritrocita, promjenu permeabilnosti staničnih stijenki, ubrzano disanje, slabo iskorištavanje hrane (osobito bjelančevina), smanjenu pigmentaciju, zaostajanje u porastu, usporen rast peraja, visoku koncentraciju 20 : 3 ω 9 u mesu i sklonost k stresu. Znakovi bolesti javljaju se 3 — 4 tjedna nakon nedostatne linolenske kiseline u hrani.

Kukuruzno ulje kao jedini izvor energije i masnih kiselina u hranidbi kalifornijskih pastrva postigao je loše proizvodne rezultate. Nakon 16 tjedana uzgoja zapaženi su slab prirast, povećan hranidbeni koeficijent i visoka smrtnost. Promjenom hrane kojoj je dodana linolenska masna kiselina u jednom i riblje ulje u drugom tretmanu rezultirali su ubrzanim rastom, sniženjem hranidbenog koeficijenta i smanjenjem uginuća (Lee et al. 1967.). Očito, mala količina linolenske masne kiseline koja se nalazi u kukuruznom ulju (1, 3 %) nije dostatna za normalan rast u intenzivnim uzgojnim uvjetima. Osim toga, u kukuruznom ulju (tabl. 1) potpuno nedostaju visokonezasićene masne kiseline ω 3 reda (dokosaheksaenska — DHA, 22 : 6 ω 3 i eikosapentaenska — EPA, 20 : 5 ω 3).

Potrebne kalifornijskih pastrva za linolenskom masnom kiselinom iznose 1 % od suhe tvari hrane, utvrdili su Castell et al. (1972a). Povećanje linolenske masne kiseline u hrani ima kao posljedicu povećanje 22 : 6 ω 3 kiseline u mišićnome tkivu ribe. Hrana obogaćena oleinskom masnom kiselinom uvjetuje povećanje 20 : 3 ω 9 kiseline u mesu kalifornijske pastrve (Kießling et al., 1989.).

Visok prirast i dobro zdravstveno stanje mlada kalifornijske pastrve postignuti su kombinacijom linolenske i linolne masne kiseline u peletiranoj hrani, u omjeru 0,5 — 3 % : 1 % nasuprot hrani koja je omašćena isključivo linolnom masnom kiselinom (Lee i Sinnhuber, 1972.).

Hrana omašćena kombinacijom visokonezasićenih masnih kiselina 20 : 5 ω 3 (EPA) i 22:6 ω 3 (DHA), u omjeru 0,25 % : 0,25 % imala je učinkovitije djelovanje u hranidbi kalifornijskih pastrva nego hrana priređena s 0,5 % linolenske masne kiseline (Watanabe i Takeuchi, 1976.). Jednako dobar prirast i hranidbeni koeficijent postignuti su hranom kojoj je dodana 22 : 6 ω 3 u količini od 1 % kao i jednakim omjerima 20: 5 ω 3 i 22 : 6 ω 3 u količini od 1 %, utvrdili su Takeuchi i Watanabe (1976.). Očito, linolenska masna kiselina može se uspješno zamijeniti kombinacijom visokonezasićenih masnih kiselina ω 3 reda. Isti autori navode da prevelika razina visokonezasićenih masnih kiselina ω 3 reda (18 : 3 ω 3, 20 : 5 ω 3 i 22 : 6 ω 3) usporavaju prirast uz pojavu istih simptoma kao i kod nedostatka bitnih masnih kiselina.

Takeuchi et al. (1979.) dokazali su da se povećanjem esencijalnih masnih kiselina u hrani sadržaj vode u mesu povećava 2 — 5 % dok se razina bjelančevina snižava sa 16 % na 13,4 — 14 %, kao i masti od 5,5 % na 3,6 — 4 %. Pri elongaciji masnih kiselina troše se velike količine energije koja se

nadoknađuje iz masti hrane pa je stoga logičan pad tjelesnih masti, dok se povećanje vode u mesu može objasniti procesom beta-oksidacije.

Potrebe lososa (*Oncorhynchus keta*) za esencijalnim masnim kiselinama iste su u slatkoj i morskoj vodi, a u biti su iste kao i za kalifornijske pastrve. Dobar prirast i iskorištavanje hrane postižu se omašćivanjem hrane s 1 % linolne i 1 % linolenske masne kiseline. Isti se učinak postiže hranom u kojoj se nalazi 1 % visokonezasićenih masnih kiselina  $\omega$  3 reda, utvrdili su Takeuchi et al. (1979.), kao i Takeuchi i Watanabe (1982.).

Ribe iz porodice *Salomonidae*: *Oncorhynchus tshawytscha*, *Oncorhynchus kisutch* i *Oncorhynchus nerka*, koje se uzgajaju u SAD-u, Kanadi i Japanu, imaju potrebe za esencijalnim masnim kiselinama u količini od 1 % linolenske ili 0,5 % visokonezasićenih masnih kiselina  $\omega$  3 reda, utvrdili su Yu et al. (1977.) te Watanabe et al. (1986.).

Watanabe et al. (1986.) i Soivio et al. (1989.) navode da se potrebe riba iz porodice *Coregonidae* (*Coregonus lavaretus*, *Coregonus peled* i *Coregonus nasus*) za visokonezasićenim masnim kiselinama osiguravaju s 1 % linolenske masne kiseline ili 0,5 % kombinacijom 20 : 5  $\omega$  3 i 22 : 6  $\omega$  3 masnih kiselina.

Potrebe europske jegulje (*Anguilla anguilla*) i japanske jegulje (*Anguilla japonica*) za esencijalnim masnim kiselinama utvrdili su Takeuchi et al. (1980.). Tako se najbolji prirast i iskorištavanje hrane postižu kombiniranjem 0,5 % linolne i 0,5 % linolenske masne kiseline. Isti je učinak postignut s 1 % visokonezasićenih masnih kiselina  $\omega$  3 reda (20 : 5  $\omega$  3 i 22 : 6  $\omega$  3).

Najbolji prirast, specifična brzina rasta, hranidbeni koeficijent, PER i PPW vrijednost u uzgoju dvogodišnjega mlađa europskog soma postignuti su kombinacijom 0,90 % linolenske i 1,37 % linolne masne kiseline u peletiranoj krmnoj smjesi. Povećanje linolenske kiseline u hrani rezultiralo je povećanjem  $\omega$  3 masnih kiselina u mesu. Istodobno je pala razina proteina, a povećala se količina vode. Na osnovi provedenih istraživanja utvrđeno je da je potreba europskog soma oko 1 % linolenske masne kiseline (Bogut, 1995a).

Stickney i Andrews (1972.) najbolje su priraste kanalnog soma (*Ictalurus punctatus*) postigli hranom obogaćenom goveđim lojem (vrlo nizak sadržaj  $\omega$  3 masnih kiselina) i uljem haringe (visok sadržaj 20 : 6  $\omega$  3). Hranidba kanalnog soma peletiranim krmnim smjesama uz dodatak lanenog ulja rezultirala je usporenim rastom. Ribe hranjene dodatkom maslinova ulja u hrani imale su bolji prirast i hranidbeni koeficijent nasuprot kanalnim somovima koji su u hrani dobivali ulje šafranike. Iz navedenih se pokusa uočava da niska koncentracija linolne i linolenske masne kiseline u hrani za kanalnog soma osiguravaju visoke priraste i pogodne hranidbene koeficijente. Analizom jetre kanalnih somova, koji su u hrani dobivali laneno ulje, uočena je visoka koncentracija (5,3 %) EPA i (13,7 %) DHA, što znači da se elongacija linolenske masne kiseline odvija u jetri.

Iz podataka u tabl. 1. uočava se da su biljna ulja bogata linolnom, a siromašna linolenskom masnom kiselinom. Nešto viši postotak linolenske kiseline zastupljen je u sojinu ulju (7,4 %), ulju pšeničnih klica (5,5 %) i repičinu ulju (6,0 %).

U pojedinim sortama uljane repice znatno je zastupljena eruka-kiselina (22 : 1 ω 9) koja je u pokusnih životinja uzrokovala patološke promjene pa je stoga primjena repičina ulja u omašćivanju riblje hrane upitna (Ziemlanski i Budzynska-Topalowska, 1995.).

Visok sadržaj ω 3 masnih kiselina (tabl. 2.) zastupljen je u ulju bakalara, inćuna, skuše i sardine. Primjene ribljih ulja u hranidbi riba stoga daje znatno bolje priraste i niže hranidbene koeficijente (Hilge, 1985; Bogut i sur., 1993. i 1995.) u odnosu na biljna ulja i masti toplokrvnih životinja.

Yingst i Stickney (1979.) nakon istraživanja potreba kanalnog soma utvrdili su da se esencijalne masne kiseline mogu osigurati iz kukuruznog, sojinog i ribljeg ulja, ali ostaje upitno imaju li apsolutni postoci masnih kiselina primarno značenje za ribu, ili su to njihovi omjeri u hrani. Da bi utvrdili optimalnu razinu esencijalnih masnih kiselina u hrani za kanalnog soma, Stickney et al. (1983.) proveli su istraživanja hraneći ovu ribu različitim kombinacijama i razinama masnih kiselina u tijeku 10 tjedana uzgoja. Najbrži prirast ostvaren je hranom koja je sadržavala 2 % i 2, 5 % linolne masne kiseline. Slab je prirast ostvaren hranidbom peletiranim krmnim smjesama s 3,3, 5 i 5 % linolne kiseline, kao i kod onih koje u hrani nisu dobivale masne kiseline. Isti su autori tvrdili da je potreba kanalnog soma za linolnom 2 %, a za linolenskom masnom kiselinom ispod 1 %. No, Satoh et al. (1989.) utvrdili su da se dobri proizvodni rezultati postižu omašćivanjem krmnih smjesa s 1 % visokonezasićenih masnih kiselina.

Watanabe et al. (1975.) ističu da šaran ima naglašene potrebe za esencijalnim masnim kiselinama ω 3 reda, ali da je manje osjetljiv na nedostatak nego ribe iz skupine salmonida. Utvrđeno je da 0,5 % visokonezasićenih masnih kiselina (20 : 5 ω 3 i 22 : 6 ω 3) u hrani ima učinkovitije djelovanje nego 1 % linolenske masne kiseline.

Na osnovi pokusa, Csengeri et al. (1977., 1978.); Farkaš et al. (1977.); Takeuchi i Watanabe (1977.); Csengeri et al. (1979.) utvrdili su da šaran najbolji prirast i iskorištenje hrane postiže kombinacijom s 1 % linolne i 1 % linolenske masne kiseline u hrani. Navedena kombinacija masnih kiselina u hrani može se jednako uspješno zamijeniti s 0,5 — 1 % visokonezasićenim masnim kiselinama ω 3. reda (EPA i DHA).

Prekomjerna količina esencijalnih masnih kiselina u hrani za šarane ima kao posljedicu njihovu razgradnju i konvertiranje u oleinsku kiselinu. Sniženje esencijalnih masnih kiselina ispod potreba uzrokuje usporenje rasta i povećanje 20:3 ω 9 u mesu šarana (Csengeri, 1993.). Mehanizam djelovanja i transformiranja pojedinih masnih kiselina u organizmu šarana, ovisno o količini u hrani i ekološkim čimbenicima, opisani su u radovima Csengeria

Tablica 1. Sadržaj masnih kiselina u biljnim uljima (g/100 g ulja)  
 Table 1. Fatty acid content in plant oils (g/100 g oils)

Mas/ulje	4:0	10:0	12:0	14:0	16:0	18:0	20:0	22:0	16:1	18:1	20:1	22:1	18:2 <sub>o3</sub>	18:3 <sub>o3</sub>
Kokosova mast	8,1	5,9	43,6	16,3	8,1	2,6	0,09	-	-	7,1	0,2	-	2,1	0,1
Kukuruzno ulje	-	-	-	-	9,9	1,9	0,4	-	-	25,7	0,3	-	55,7	1,3
Maslinovo ulje	-	-	-	-	11,0	2,7	0,5	0,3	-	70,6	0,4	-	8,4	0,7
Ulje šafranike	-	-	-	-	6,2	2,2	0,3	0,3	-	10,6	0,2	-	75,5	0,2
Sezamovo ulje	-	-	-	-	8,6	5,5	0,6	0,2	-	38,9	0,2	-	41,3	0,4
Sojino ulje	-	-	-	-	10,1	4,11	0,3	0,4	-	22,0	0,3	-	51,1	7,4
Suncokretovo ulje	-	-	-	-	6,7	3,7	0,3	0,7	-	22,1	0,2	-	61,3	0,3
Ulje pšeničnih klica	-	-	-	-	15,1	1,3	0,2	-	-	18,0	1,3	-	54,2	5,5
Repičino ulje	-	-	-	-	0,4	7,4	1,9	0,6	0,3	56,6	1,0	0,1	23,3	6,0

Izvor tablice: Tacon (1990.)  
 \* Analiza Razvoj – kontrola »Zvijezda« d. d. Zagreb

Tablica 2. Sadržaj masnih kiselina u masima toplokrvnih životinja, u ribljim uljima i u uljima nekih beskraježnjaka (g/100 g)  
 Table 2 Fatty acid content in the fat of warm-blooded animals, fish oil and spineless animals (g/100 g)

Mast/ulje	14:0	16:0	17:0	18:0	20:0	22:0	16:1	17:1	18:1	20:1	22:1	18:2ω	18:3ω	18:4ω	20:4ω	20:5ω	22:4ω	22:5ω	22:6ω	
Svinjska mast	1,7	27,5	1,2	19,4	0,1	1,9	0,3	33,7	1,1	0,3	8,1	0,6								
Pileća mast	1,3	23,2	0,3	6,4		6,5	0,1	41,6			18,9	1,3								
Ovčji loj	5,2	23,6	2,0	24,5		2,5	0,5	33,3			4,0	1,3	0,4							
Goveđi loj hidrogeniziran	2,3	27,8		61,0	4,2	2,9														
Sipino ulje	3,2	13,4		2,9		5,1		16,5	12,1	5,6	0,2	0,9	1,1	2,5	0,9	13,6	0,1	14,7		
Ulje školjki	2,4	22,2		7,8		5,8		7,1	7,1	8,2	0,6	0,7	1,4	3,4	1,6	12,5	1,7	11,5		
Hidrogenizirano riblje ulje	6,8	17,7		12,9	7,7	7,6		12,1	11,5	13,2	0,6									
Sardinino ulje	8,9	20,1		2,7				13,4	9,3	6,0	1,4	1,3	1,0	1,0	12,5	1,2	2,8	7,9		
Bakalarevo jetreno ulje	4,1	11,7		2,9		2,1		20,6	13,3	7,1	2,3				9,8					
Ulje haringe	6,9	14,5		1,3				14,5	15,7	15,8	0,7	0,5	1,5	0,3	0,4	7,6	0,9	1,0	3,1	
Stabilizirano ulje haringe	7,0	15,0		2,0				13,0	12,0	17,0	2,0	2,0	2,0		6,0					
Bakalarevo ulje (cijelo tijelo)	3,7	12,6		2,3				22,7	7,5	6,2	1,5	3,0	0,6	1,4	0,6	12,9	1,7	12,7		
Ulje inćuna	7,0	23,0		4,0				13,0	1,0	1,0	1,0		2,0		16,0		2,0	14,0		



(1993.); Handersona (1993.); Schwarza (1993.); Steffensa (1993.); Takeuchia (1993.); Vache i Turzicke (1994.).

Ribe iz porodice *Cichlidae* — *Tilapia nilotica* i *Tilapia zihii* imaju potrebe za masnim kiselinama  $\omega$  6 reda. Prema Kanazawi et al. (1980.) potrebe se mogu podmiriti s 18 : 2  $\omega$  6 ili 20 : 4  $\omega$  6 masnim kiselinama. Do sličnih su rezultata došli Takeuchi et al. (1980.). Dobre rezultate uzgoja utvrdili su Stickney i Hardy (1989.) omašćivanjem hrane različitim razinama ribljih ulja, gdje linolenska kiselina nije prelazila udio od 1 %.

Tablica 3. Potrebe pojedinih riba za masnim kiselinama

Table 3. Fatty acid needs for various fish species

Vrsta ribe	Masna kiselina	Potreba	Autor
	18 : 3 $\omega$ 3	1 %	Castell et al., 1972
Onncorhynchus mykiss	22 : 6 $\omega$ 3	1 %	Takeuchi i Watanabe, 1976
	20 : 5 $\omega$ 3+	0,5 %	Takeuchi i Watanabe, 1976
	22 : 6 $\omega$ 3	0,5 %	Takeuchi i Watanabe, 1976
Onncorhynchus kisutch			Takeuchi i Watanabe, 1982
Onncorhynchus keta	18 : 3 $\omega$ 3	1 % ili	
Onncorhynchus nerka	VNMK $\omega$ 3	0,5 %	Watanabe et al., 1986
Onncorhynchus tshawytscha			
Coregonus lavaretus	18 : 3 $\omega$ 3	1 % ili	Soiuvu et al., 1989
Coregonus peled	20 : 5 $\omega$ 3+	0,25 %	Watanabe et al., 1986
Coregonus nasus	22 : 6 $\omega$ 3	0,25 %	
Anquilla anquilla	18 : 3 $\omega$ 6+	0,5 %+	
	18 : 3 $\omega$ 3	0,5 %	Takeuchi et al., 1980
Anquilla japonica	ili VNMK $\omega$ 3	1 %	
	18 : 3 $\omega$ 6+	2 %+	Stickney et al., 1983
Ictalurus punctatus	18 : 3 $\omega$ 3 ili VNMK $\omega$ 3	<1 % 1 %	Satoh et al., 1989
	VNMK $\omega$	0,5 %	Watanabe et al., 1975
Ciprinus carpio	ili 18 : 3 $\omega$ 6+	1 %	Csengeri et al., 1979
	18 : 3 $\omega$ 3	1 %	Farkas et al., 1977
Tilapia zihii	18 : 2 $\omega$ 6 ili	1 %	Kanazawa et al., 1980
Tilapia nilotica	20 : 4 $\omega$ 6	1 %	Takeuchi et al., 1982
Rhombus maximus	VNMK $\omega$ 3	0,6 – 1 %	Gatesoupe et al., 1977
Pagrus major	VNMK $\omega$ 3	0,5 – 2 %	Leger et al., 1979

Napomena: VNMK = visokonezasićene masne kiseline

Potrebe morskih riba *Pagrus major* i *Rhombus maximus* kreću se od 0, 6 do 1 % odnosno 0,5 do 2 % (Gatesoupe et al., 1977.; Yone, 1979.) visokonezasićenih masnih kiselina  $\omega$  3 reda. Većina morskih riba ima malu sposobnost pretvorbe 18 : 3  $\omega$  3 u više nezasićene masne kiseline u usporedbi sa slatkovodnim ribama. Na osnovi istraživanja potreba morskih riba za esencijalnim masnim kiselinama (Yone, 1979. i Kanazawa et al. 1982.) linolna i linolenska masna kiselina nisu presudne za uspješan uzgoj, nego su to dokosaheksaenska i eikosapentaenska visokonezasićene masne kiseline  $\omega$  3 reda.

Prema brojnim istraživanjima očito je da se potrebe ribe za esencijalnim masnim kiselinama znatno razlikuju među pojedinim vrstama. Isto tako, učinkovitost u povećanju prirasta ovisi o različitim serijama masnih kiselina te o njihovim odnosima u hrani. Osim o vrsti i dobnoj kategoriji potrebe riba za masnim kiselinama ovise i o temperaturi vode, spolu, godišnjem dobu, salinitetu. No, jasno je da je prehrambena potreba svake vrste ribe zapravo rezultat zbroja potreba svih njezinih organa i tkiva.

### KVARENJE (RANKETLJIVOST) MASTI

Pod utjecajem kisika, svjetla, vlage i minerala, a zbog hidrolitičnih i oksidativnih procesa masti iz riblje hrane podložne su kvarenju. Procesom hidrolize masti se razgrađuju na sastavne dijelove, a djelovanjem bakterijskih lipaza na slobodne masne kiseline koje imaju neugodan miris.

Zbog neadekvatna skladištenja i dugoga stajanja riblje hrane, kako navode Ščerbina i Trijamkina (1974.), nastaje proces samooksidacije. Mehanizam oksidacije počinje odvajanjem vodikova atoma, uz nastanak peroksida. U početku taj proces teče polagano, a poslije se ubrzava uz nastanak neugodna mirisa. Što je jodni broj masti viši, sklonost se samooksidaciji povećava. Nazočnost proooksidanata (željeza i bakra) u hrani, ubrzava tok oksidacije masti.

Proizvodi nastali oksidacijom masti inhibitorno djeluju na vitamine A, E, B<sub>6</sub> i C i esencijalne aminokiseline, napose lizin, sprečavajući njihovo usvajanje, što se negativno odražava na zdravstveno stanje, hranidbeni koeficijent i prirast (Watanabe et al., 1966.).

Borisočkina (1976.) utvrdila je da, osim željeza i bakra, na ubrzani tijek oksidacije masnih kiselina katabolički jednako djeluju hemoglobin iz krmnoga brašna i klorofil iz lucerne.

Za sprečavanje oksidacije masti rabe se prirodni (lecitin, ksantofil, tokoferoli, askorbinska, vinska i limunska kiselina, te retinol) i sintetski (etoksikin, butihidroksitoluen, butihidroksianziol) antioksidansi (Steffens, 1985.). Navedeni preparati ne daju trajnu zaštitu mastima. Veći udio masti u hrani zahtijeva i veću količinu antioksidanata (Gamigin, 1987.).

Radi zaštite masti, a time i riblje hrane, dodaju se male količine antioksidativnih sredstava, što ovisi o razini i o vrsti masti. Za šaransku je hranu dovoljno 100 mg/kg hrane, dok je u hrani za pastrve ta količina viša zbog većeg udjela masti (Gamigin, 1987.).

Učinkovito antioksidativno djelovanje ima  $\alpha$ -tokoferol. Potrebe su za ovim vitaminom to veće što je viši postotak nezasićenih masnih kiselina u hrani. Nedostatak vitamina E u hrani matičnih riba ima kao posljedicu nakupljanje toksičnih proizvoda koji nastaju razgradnjom masti. Navedeni proizvodi narušavaju proces spermatogeneze i usporavaju razvoj jajnika u ženki (Cowe et al., 1984.).

Pri sadržaju od 1 % linolenske masne kiseline u hrani, potrebe za  $\alpha$ -tokoferolom kreću se od 20 do 30 mg/kg, utvrdili su Cowey et al. (1981.). Watanabe et al. (1981.) ističu da su pri sadržaju masti u hrani od 15 %, potrebe za  $\alpha$ -tokoferolom oko 100 mg/kg hrane.

Borisočkina (1976.) preporučuje da se u hrani dodaju dva antioksidativna sredstva, jer se time pojačava inhibitorno djelovanje. Sinergični učinak odvija se u slučaju kada jedan od inhibitora kida lanac oksidacije, a drugi razgrađuje peroksid, dok se istodobno uzajamno čuvaju od razgradnje.

Oksidirane masti u ribljoj hrani smanjuju koncentraciju hemoglobina u eritrocitima, uvjetuju promjenu boje škrge i jetre, smanjuju sadržaj glikogena, povećavaju kolesterol, degenerativne promjene bubrežnih kanala i konformaciju vitamina (Watanabe et al., 1967.; Kanadijev i Gamigin, 1977.; Skljarova et al., 1984.).

Hohjoh et al. (1967.) utvrdili su visoke gubitke (70 %) u uzgoju pastrva, kada su one dobivale hranu bez antioksidansa. Dodatkom etoksikina u hrani gubici su se više od 50 % smanjili. Isti su autori dokazali da je sadržaj masti u tijelu riba znatno viši, ako hrani nisu dodavani antioksidansi.

Tamnu boju kože, anemiju, letargično ponašanje, masnu degeneraciju jetre, bubrežna oštećenja i slijepljenost škržnih listića imale su *Oncorhynchus tshawytscha* kada su u hrani dobivale užeglu mast. Dodatkom vitamina E u hranu navedene su bolesti izostale, ističu Fowler i Banks (1969.).

Uporabom oksidiranih masti u hranidbi šarana primijećeni su zaostajanje u porastu, distrofija mišića, visoki gubici i »sekoke« bolesti. Uzrok navedenim stanjima, kako ističu Watanabe et al. (1966.), Watanabe et al. (1967.), Watanabe i Hashimoto (1968.), te Hata i Kaneda (1980.), nije nastanak peroksida, nego toksično djelovanje proizvoda razgradnje masti, koji usporavaju, pa čak i potpuno zaustavljaju djelovanje enzima.

Prisutnost ciklopropenoidne masne kiseline u hrani za šarane i pastrve, uzrokuje: zaostajanje u porastu, povećano odlaganje glikogena u jetri, poremećaj enzimatskog sustava desaturaza, prisutnost alfa-toksina B. Zbog toga u hranidbi riba treba izbjegavati ulje pamuka, ističe Sinnhuber et al. (1968.) i Roehm et al. (1970.).

Uz ciklopropenoidnu kiselinu, u ulju pamuka nalazi se i gosipol, otrovni sastojak koji se skladišti u jetri riba (Roehm, 1967.). Kanalni somovi hranjeni hranom s prisutnošću gosipola imali su usporen rast (Dorsa et al., 1982.).

## ZAKLJUČAK

Nakon višegodišnjih istraživanja brojnih autora može se zaključiti da se ribe prema potrebama za masnim kiselinama mogu klasificirati u tri skupine. Prvu skupinu tvore ribe koje imaju potrebu za  $\omega$  6 masnim kiselinama. U drugu skupinu svrstavaju se ribe koje imaju potrebe za  $\omega$  6 i  $\omega$  3 masnim kiselinama. Treću skupinu čine ribe za koje su esencijalne  $\omega$  3 masne kiseline (tabl. 3).

Kada se sažmu postojeće spoznaje o potrebama masnih kiselina za pojedine riblje vrste, zapaža se da su od većega značenja  $\omega$  3 u usporedbi s  $\omega$  6 masnim kiselinama. Isto tako, uočava se da ribe koje žive u morima imaju veću potrebu za  $\omega$  3 masnim kiselinama nasuprot onima koje žive u slatkim vodama. Također se može zaključiti da hladnovodne ribe imaju veću potrebu za  $\omega$  3 masnim kiselinama nego toplovodne. Vjerojatno su visokonezasićene masne kiseline (VNMK)  $\omega$  3 reda, a među njima dokosaheksaenska (22 : 6  $\omega$  3) i eikosapentaenska (20:5  $\omega$  3) one koje osiguravaju brži tempo rasta, bolju iskorištenost hrane i dobra reproduksijska svojstva.

## Summary

### THE NEEDS AND IMPORTANCE OF FATTY ACIDS IN THE NUTRITION OF FISH

According to the needs for the essential fatty acids, the fish can be classified in three groups:

For the fish from *Salmonidae* family (*Oncorhynchus kisutch*, *O. keta*, *O. nerka* and *O. tshawytscha*) the essential is 18: 3 in the quantity of 1%. The same effect in regard to growth and nutrition coefficient can be achieved with the addition of highly unsaturated fatty acids (HUFA)  $\omega$  3 rows in the quantity of 9. 5%. The Californian trout (*Oncorhynchus mykiss*) is needier than the other fish for 20: 5  $\omega$  3 and 22: 6  $\omega$  3. Its needs is 1%.

For the fish from *Coregonidae* family (*Coregonus lavaretus*, *C. peled* and *C. nasus*) the essential is 18: 3  $\omega$  3 in the quantity of 1% or the combination 20: 5  $\omega$  3 (o. 25%) and 22: 6  $\omega$  3 (o. 25%).

Fresh-water fish from the *Anguillidae* family (*Anguilla anguilla* and *A. japonica*), *Cyprinidae* family (*Cyprinus carpio*), *Ictaluridae* family (*Ictalurus punctatus*) have needs for 18: 2  $\omega$  3 in the quantity of 1–2% or HUFA 0. 5–1%.

The fatty acids  $\omega$  6 row (18: 2  $\omega$  6 or 20: 4  $\omega$  6) are important for the fish from *Cichlidae* family (*Tilapia zillii* and *Oreochromis niloticus*) in the quantity of 1%.

Te sea fish *Rhombus maximus* and *Pagnus major* achieve the best growth when they receive HUFA  $\omega$  3 row up to 2% together with the food.

Rancid ointment, eruk-acid from the rape oil, gosipol and cyclophrophe-noid acid from the cotton seeds oil if added to fish food cause the reduced growth and pathologic changes on fish liver, kidneys, heart and gills.

*Key Words:* fresh-water fish, sea fish, fatty acids  $\omega$  and  $\omega$  6 row, rancidity ointment

## LITERATURA

- Barlow, S. M., Windsor, M. L. (1984): Fishery by — products. International Association of Fish Meal Manufactures, Tehnical Bulletin 19, 1–22.
- Bogut, I., Opačak, A., Stević, I., Steiner, Z. (1993): Utjecaj sardiniranog ulja u hranidbi mlađa soma (*Silurus glanis*) u intenzivnim uvjetima. Krmiva 35, 99–104.
- Bogut, I., Opačak, A., Stević, I., Ljubičić, S. (1995): Utjecaj različitih razina sojinog ulja na proizvodne rezultate soma (*Silurus glanis*) u kaveznim uvjetima uzgoja. Krmiva 37 (5), 271–279.
- Bogut, I. (1995a): Utjecaj linolenske kiseline (18: 3  $\omega$  2) na biotehnološke rezultate uzgoja somovskog mlađa (*Silurus glanis*) u kaveznim uvjetima. Disertacija, osijek.
- Borisočkina, L. I. (1976): Antioksiliteli, konservanti, stabilizatori, krasiteli ukusovie i aromatičeskie vešestva u ribnoi promišljenosti. Pišč. prom–st. 1–184.
- Burr, G. Q., Burr, M. M. (1929): A new deficiency disease produced by the rigid exclusion of fat from the diet. I. Biol. Chem. 82, 345–367.
- Burr, G. Q., Burr, M. M. (1930): On the nature and role of the fatty acids essentail in nutrition I. Biol. Chem. 86, 587–621.
- Castell, J. D., Sinnhuber, R. O., Lee, D. J., Wales, J. H. (1972): Essential fatty acids in the diet of rainbow trout physiological symptoms of EFA deficiency. J. Nutrition 102, 87–92.
- Castell, J. D., Sinnhuber, R. O., Wales, J. H., Lee, D. J. (1972a): Essential fatty acids in the diet of rainbow trout growth, feed conversion and some gross deficiency symtopms J. Nutrition 102, 77–85.
- Castell, J. D. (1978): Review of lipid requirements of finfish EIFAC/FAO Symposium on finfish nutrition and feed technology. Hamburg.
- Church, D. C., Pond, W. G. (1976): Basic animal nutrition and feeding. D. C. Church publish., Corvallis, Oregon.
- Cowey, C. B. Adron, J. W., Walton, M. J., Murray, J., Youngson, A., Knox, D. (1981): Tissue distribution uptake and requirement for alfa-tocopherol of rainbow trout feed diets with a minimal content of unsaturated fatty acids. J. Nutrition 111, 1556–1567.

- Cowey, C. B., Degener, E., Tacon, A. G. (1984): The effect of vitamin E and oxidized fish oil on the nutrition of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) grown at natural varying water temperatures. Brit. J. Nutr. 51, 443—451.
- Csengeri, I., Majoros, F., Olah, J., Farkas, T. (1977): Investigation of essential fatty acid requirement of carp. Intern. sem. on Fish Nutrition and Diet Development, 19—24. Sep. 1977, Szarvas: 93—113.
- Csengeri, I., Farkas, T., Majoros, F., Olah, J., Szalay, M. (1978): Effect of feeds on the fatty acid composition of carp (*Cyprinus carpio* L.) Aquacultura Hungarica 1, 24—34.
- Csengeri, I., Olah, J., Majoros, F., Farkas, T. (1979): Investigations on the essential fatty acid requirement of carp (*Cyprinus carpio*). Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Hamburg 20—23 June, 1978. Vol. I, Berlin, 154—173.
- Csengeri, I. (1993): Dietary effects in the fatty acid metabolism of common carp Workshop on the fatty acid metabolism in the carp, summary, 6—9 September Budapest.
- Dorsa, W. J., Robinette, H. R., Robinson, E. H., Poe, W. E. (1982): Effects of dietary cottonseed meal and gossypol on growth of young channel catfish. Trans. Amer. Fisheries Soc. 111, 651—655.
- Farkas, T., Csengeri, I., Majoros, F., Olah, J. (1977): Metabolism of fatty acids in fish. I. Development of essential fatty acid deficiency in the carp. *Cyprinus carpio*. Aquaculture 11, 147—157.
- Fowler, L. G., Banks, J. L. (1969): Test of vitamin supplements and formula changes in the Abernathy salmon diet, 1966—67. U. S. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife 26, 1—19.
- Gamigin, E. A. (1987): Korma i komlenie ribi. Obzornaja informacija 1, 1—82.
- Gatesoupe, F. J., Leger, C., Metailler, R., Luquet, P. (1977): Alimentation lipidique du turbot (*Scophthalmus maximus* L.) Influence de la longueur de chaîne des acides gras de la série w3. Ann. Hydrobiol. 8, 89—07.
- Hata, K., Kaneda, T. (1980): Effect of autoxidized oil on carp. Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries 46, 997—1000.
- Henderson, J. R. (1993): Fatty acid metabolism in freshwater fishes with particular references to polyunsaturated fatty acids, summary. Workshop on the fatty acid metabolism in the carp, International symposium on the carp, 6—9 september Budapest.
- Higashi, H., Kaneko, T., Ishii, S., Ushiyama, M., Suigashi, T. (1966): Effect of ethyl linoleate, ethyl linoleate and ethyl esters of highly unsaturated fatty acids on essential fatty acid deficiency in rainbow trout. J. Vitaminol 12, 74—79.
- Hilge, V. (1985): Zum protein und Fettbedarf des Europäischen Welses (*Sulurus glanis* L.) Informationen für die Fischwirtschaft 32, (2), 74—77.
- Hohjoh, T., Kumazawa, H., Oosaki, M., Yonemura, T., Kashiwa, G. (1967): Effects of oxidized fish oils and added ethoxyquin on the culture of rainbow trout. J. Japan Oil Chemists Soc. 16, 135—137.
- Kanidjev, A. N., Gamigin, E. A. (1977): Rukodstvo po kormleniho radužnoi torelj polnocenimi granulirovannimi kormani. VNIIPRH, 1—91.

- Kanazawa, A., Teshima, S., Sakamoto, M., Awal, M. A. (1980): Requirements of *Tilapia zillii* for essential fatty acids. Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries 46, 1353–1356.
- Kanazawa, A., Teshima, S., Sakamoto, M. (1982): Requirements of essential fatty acids for the larval ayu. Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries 48, 587–590.
- Karlson, P. (1989): Biokemija za studente kemije i medicine. Školska knjiga Zagreb.
- Kiessling, A., Johannson, L., Storebakken, T. (1989): Effects of Reduced Feed Ration Levels on Fat Content and Fatty Acid Composition in White and Red Muscle from Rainbow Trout Aquaculture 79, 169–175.
- Lee, D. J., Roehm, J. N., Yu, T. C., Sinnhuber, R. O. (1967): Effect of w3 fatty acids on the growth rate of rainbow trout. J. Nutrition 92, 93–98.
- Lee, D. J., Sinnhuber, R. O. (1972): Lipid metabolism. U J. E. Halver Fish Nutrition Academic Press, New York, London 155–159.
- Leger, C., Gatesoupe, E. J., Metailler, R., Luquet, P., Fremont, L. (1979): Effect of dietary fatty acids differing by chain length and w series on growth and lipid composition of turbot (*Scophthalmus mus L.*) Comp. Biochem. Physiol. 64B, 345–350.
- Roehm, J. N., Lee, D. J., Sinnhuber, R. O. (1967): Accumulation and elimination of dietary gossypol in the organs of rainbow trout. J. Nutrition 92, 425–428.
- Roehm, J. N., Lee, D. J., Wales, J. H., Polytika, S. D., Sinnhuber, R. O. (1970): The effect of dietary sterulic acid on the hepatic lipid of rainbow trout. Lipids 5, 80–84.
- Satoh, S., Poe, W. E., Wilson, R. P. (1989): Studies on the Essential Fatty Acid Requirement of Channel Catfish. Aquaculture 79, 121–128.
- Schwarz, F. J. (1993): Influence dietary fatty acid composition and vitamins on fatty acid metabolism in carp (*Cyprinus carpio*). Workshop on the fatty acid metabolism in the carp. International symposium on the carp, Budapest 6–9 September.
- Sinnhuber, R. O., Lee, D. J., Wales, J. H., Ayres, J. L. (1968): Dietary factors and hepatoma in rainbow trout J. Nat. Cancer Inst. 41, 1293–1301.
- Sinnhuber, R. O. (1969): The role of fats. Academic Press, New York, London, 245–261.
- Skrljarov, V. I., Gamigin, E. A., Rižkov, L. P. (1984): Spravočnik po kormljenje rib. Pišćevaja promišlenost 1–120.
- Soivio, A., Niemisto, M., Beckström, M. (1989): Fatty acid Composition of *Coregonus muskum Pallas*: Changes During Incubation Hatching, Feeding and Starvation. Aquaculture 79, 163–168.
- Steffens, W. (1985): Grundlagen der Fischern-hrung. VEB Gustav Fischer Verlag Jena, s. 226.
- Steffens, W. (1993): Protein sparing effect and nutritive significance of lipid supplementation in carpdiets. Summary, Workshop on the fatty acid metabolism in the carp, International symposium on the carp, Budapest 6–9 September.

- Stickney, R. R., Andrews, J. W. (1972): Effects of dietary lipids on growth, food conversion lipid and fatty acid composition of channel catfish. *J. Nutrition* 102, 249–258.
- Stickney, R. R., Andrews, J. W., Murai, T., Gibbons, G. O. (1983): Rearing channel catfish fingerlings under intensive culture conditions. *Progr. Fish-Culturist* 34, 100–102.
- Stickney, R. R., Hardy, R. W. (1989): Lipid Requirements of Some Warmwater Species. *Aquaculture* 79, 149–156.
- Stryer, L. (1991): Biokemija, Školska knjiga, Zagreb.
- Ščerbina, M. A., Trijamkina, S. P. (1974): Dostupnost 2-lektam radužnoj foreli aminokislost racionov s preovladavanjem ribnoj muki i slezenki. *Vopr. Ichtiol.* 14, 128–133.
- Takeuchi, T., Watanabe, T. (1976): Nutritive value of w3 unsaturated fatty acids in pollock liver oil for rainbow trout. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 42, 907–919.
- Takeuchi, T., Watanabe, T. (1977): Requirement of carp for essential fatty acids. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries* 43, 541–551.
- Takeuchi, T., Watanabe, T., Ogino, C. (1979): Availability of carbohydrate and lipid as dietary energy sources for carp. *Bull. Jap. Sci. Fisheries* 45, 977–982.
- Takeuchi, T., Watanabe, T., Ogino, C. (1979): Digestibility of hydrogenated fish oil in carp and rainbow trout. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries* 45, 1521–1525.
- Takeuchi, T., Arai, S., Watanabe, T., Shimma, Y. (1980): Requirement of eel (*Anguilla japonica*) for essential fatty acids. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries* 46, 345–353.
- Takeuchi, T., Watanabe, T. (1982): Effects of varios polyunsaturated fatty acids on growth and fatty acid compositions of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) and chum salmon (*Oncorhynchus keta*). *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries* 48, 1745–1752.
- Takeuchi, T. (1993): Essential fatty acid requirements in the carp, Cammary, Workshop on the fatty acid metabolism in the carp, International symposium on the carp, Budapest 6–9 September.
- Vacha, F., Turzicka, E. (1994): Polynenasycene mastne kyseliny a cholesterol v sladkovodnich rybach. Sbornik referatu z ichtyologicke konference Vodnany 4–5 kvetna 1994, 43–47.
- Watanabe, T., Matsuura, Y., Hashimoto, Y. (1966): Effect of natural and syntetic antioxidants on the incidence of muscle dystrophy of carp induced by oxidized saury oil. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries* 32, 887–891.
- Watanabe, T., Tsuchiya, T., Hashimoto, Y. (1967): Effect of DPPD and ethoxyquin on the muscular dystrophy of carp induced by oxidized saury oil. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries* 33, 843–847.
- Watanabe, T., Hashimoto, Y. (1968): Toxic components of oxidized saury oil inducing musculatur dystrophy in carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries* 34, 1131–1140.
- Watanabe, T., Takashima, F., Ogino, C. (1974): Effect of dietary methyl linolenate on growth of rainbow trout. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries* 40, 181–188.



- Watanabe, T., Ogino, C., Koshiishi, Y., Matsunaga, T. (1974a): Requirement of rainbow trout for essential fatty acids Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries 40, 493-499.
- Watanabe, T., Takashima, F., Utsue, O., Kobayashi, I., Ogino, C. (1975): Effect of dietary methyl linoleate and linolenate on growth of carp. Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries 41. 257-262.
- Watanabe, T., Takeuchi, T. (1976): Evaluation of pollock liver oil as a supplement to diets for rainbow trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries 42, 893-906.
- Watanabe, T., Takeuchi, T., Wada, M., Uehara, R. (1981): The relationship between dietary lipid levels and alfa-tocopheral requirement of rainbow trout. Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries 47, 1463-1471.
- Watanabe, T., Thonglod, S., Satoh, S., Takeuchi, T. (1986): Requirements of yamame and white fish for essential fatty acids. Annual Meeting of Japan, Soc. Sci. Fish. Octobes (abstr).
- Yingst, W. L., Stickney, R. R. (1979): Effects of dietary lipids on fatty acid composition of channel catfish try. Trans, Am. Fish. Soc. 111, 90-93.
- Yone, Y. (1979): Fatty acid requirements of the red sea bream (*Pargurus major*). Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries 45, 753-756.
- Yu, T. C., Sinnhuber, R. O., Putnam, G. B. (1977): Use of swine fat asan energy source in trout rations. Prog. Fish-Culturist 39, 95-97.
- Zienlanski, S., Budzynska, Janina-Topolowska (1995): Nutritive value of high-erucic and low-erucic acid rape-seed oil. Krmiva 37, (4); 221-238.

Primitljeno 6. 5. 1996.